

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université A. MIRA – BEJAIA
Faculté de Technologie
Département de Génie des Procédés



Mémoire de fin d'étude

Présenté par

Bensid Thefase et Saidani Sabrina

Pour l'obtention du diplôme de

Master

Filière : Génie des Procédés

Option : Génie des procédés de l'environnement

Thème

**Contrôle de la qualité des eaux d'alimentation des chaudières
industrielles cas de CEVITAL**

Promoteur : Mr M. Azzoug

Co-promoteur : Mme Z. Bouariche

Président : Mr. S. Fatmi

Examinatrice : Mme. Chibani

Promotion 2018-2019.

Remerciement

*Nous adressons nos sincères remerciements à notre promoteur **Mr AZZOUG** pour sa patience, sa disponibilité, ses précieux conseils et son encouragement durant le déroulement de ce travail.*

*Nous tenons particulièrement à remercier **Mme Mancer** responsable de laboratoire des eaux **CEVITAL** Bejaia qui nous a fournis les données nécessaires pour l'élaboration de ce travail, pour son accueil et son attention.*

*Nos vifs remerciements vont également à tout l'équipe de laboratoire, spécialement à **Mr TAZRARET Djamel** pour ses bonnes explications, son aide, et sa gentillesse tout au long du stage.*

Nous remercions par ailleurs vivement les membres du jury de nous avoir fait l'honneur de juger notre travail et d'assister à la soutenance.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire.

B.Thefase

S.Sabrina

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail:

*A la mémoire de mon cher père que dieu l'accueille dans son
vaste paradis ;*

*A celle qui ma soutenu et ma encourager durant toute ma
vie et donner l'espoir de poursuivre ce chemin jusqu'au bout
ma très cher mère que dieu la protège;*

A mon frère Fatah et sa femme Saloua;

A ma petite nièce adoré Asma ;

A toute la famille BENSID ;

*A celle avec qui j'ai partagé ce travail Sabrina et toute sa
famille ;*

*A Mon promoteur Mr AZZOUG pour sa bonne orientation
durant mon parcours ;*

A mes copine : Leïla, wissam, Siham, Sabrina, Nanou ;

*Toute la promotion de génie des procédés de
l'environnement année 2018/2019*

*Et à toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin à
réaliser ce travail.*

B.Thefase

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*A Mes chers parents. Ma mère pour m'avoir mis au monde
et pour m'avoir accompagnée tout le long de ma vie. Mon
père qui sans lui je ne serais pas arrivée jusqu'ici.*

Que dieu vous bénisse et vous garde pour moi.

A Mon promoteur Mr AZZOUG.M

A Mes chères sœurs Lamia, Sarah et Israa

A Mon cher frère Raouf

A Mon cher Ramzi pour ces conseils et son encouragement

A celle qui j'ai partagé ce travail Thefase et toute sa famille

A Mes chères grand-mères et mes chers grand-père

*A Mes chers oncles spécialement Faris, Fouad et Abdelkrim
pour leurs encouragements permanents*

*A Mes chères tante, tout particulièrement : Taous, Asma et
Naïma.*

A Ma cousine Ratiba et ma copine Waffa

*A mes camarades de promotion "génie des procédés de
l'environnement" 2018/2019*

A tous ceux qui me sont chers et qui m'aiment.

S.Sabrina

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste d'abréviation

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre I : généralités sur l'eau

I.introduction sur l'eau	3
I.1. Ressources hydriques naturelles	3
I.1.1. Eaux Souterraines	3
I.1.2. Eaux superficielles	5
I.2. Substances présentes dans les eaux naturelles	6
I.2.1. Matière en suspension (MES)	6
I.2.2. Matières dissoutes	6
I.2.3. Gaz dissous	6
I.2.3.1. Gaz de l'atmosphère	6
I.2.3.2. Gaz de la surface du sol et du sous-sol	7
I.3. Propriétés des eaux naturelles	8
I.3.1. Propriétés organoleptiques	8
I.3.2. Propriété physique	9
I.3.3. Propriétés chimiques	10
I.4. Usage de l'eau et ses fonctions en industries	11
I.4.1. Usage commun en tant que fluide thermique	11
I.4.2. Usage spécifique	12
I.4.2.1. Cas de l'industrie agro-alimentaire	12
I.4.3. Aspect quantitatifs et qualitatifs des besoins en eaux industrielles	12
I.4.3.1. En terme quantitatifs	14
I.4.3.2. En terme qualitatifs	15
I.4.4. Eaux d'alimentation des chaudières industrielles	17
I.4.4.1. Cycle de l'eau dans les chaudières	17
I.4.4.2. Type de chaudières	18
I.4.4.3. Problèmes rencontrés dans les circuits de chaudières	18
I.4.4.4. Nécessité de traitement des eaux d'alimentation et des condensats	19
I.4.4.5. Qualité des eaux d'appoint et des condensats	23

Chapitre II : Présentation de l'entreprise CEVITAL

II.1.Historique	27
II.2.Situation géographique	27
II.3.Mission et objectif	28
II.4.Principaux pôles de l'entreprise au niveau du site de Bejaia	28
II.5.Production d'eau de process au niveau de l'entreprise	29
II.5.1.Source d'alimentation en eau de l'entreprise	29
II.5.2.Besoins en eau de l'entreprise	29
II.5.3.Cycle d'eau dans l'entreprise CEVITAL	30
II.5.4.Traitement de l'eau avant son utilisation	30
II.5.4.1. Osmose inverse	30
II.5.4.2.Système d'osmose inverse	31
II.5.4.3.Prétraitement	32
II.5.4.4.Eau ultrapure	34
II.5.4.4.1.Production de l'eau ultrapure au niveau de CEVITAL	34
II.5.4.5. Chaufferie	34
II.5.4.5.1.Constitution de la chaufferie	34
II.5.5.Présentation du circuit de chaudière de l'entreprise	36
II.5.5.1.Chaudière LOOS	36
II.5.5.2.Chaudière STEIN	37

Chapitre III : Matériels et Méthodes

III.1. Méthodes électrochimiques	39
III.1.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)	39
III.1.2. La conductivité	39
III.2. Méthodes Titrimétriques	40
III.2.1. Le titre hydrotimétrique total (dureté total)	40
III.2.2. Le titre hydrotimétrique calcique (TH Ca^{2+})	42
III.2.3. Le titre alcalimétrique (TA)	44
III.2.4. Le titre alcalimétrique complet (TAC)	46
III.2.5. Dosage des chlorures par la méthode de « MOHR »	48
III.3. Méthodes spectrophotométriques	50
III.3.1. Les sulfite	51
III.3.2. Le fer	51

III.3.3. La Silice	52
III.3.4. Les orthophosphates	53
III.3.5. Phosphate total	53
III.3.6. Carbone organique total	54
III.3.7. DEHA	54

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Chaufferie	56
IV.1.1. Les analyses journalières	56
IV.1.2. Les analyses hebdomadaires	59
IV.2. Cogénération	62
IV.2.1. Les analyses journalières	62
IV.2.2. Les analyses hebdomadaires	66
IV.3. Condensats	68
IV.3.1. Chaufferie	68
IV.3.2. Cogénération	68
Conclusion	69

Références bibliographiques

Annexe

Résumé

Liste des figures

Figure I.1 : Répartition de l'eau sur terre.....	P 3
Figure I.2 : Prélèvements d'eau par source.....	P 13
Figure I.3. Prélèvements d'eau par secteur	P 14
Figure I.4 : L'usage de l'eau entre processus de fabrication et refroidissement dans les différents secteurs.....	P 15
Figure I.5 : Utilisations spécifiques des eaux et niveaux d'exigence maximum de qualité des eaux	P 16
Figure I.6 : Cycle de l'eau dans une chaudière.....	P 18
Figure II.1 : Situation géographique du complexe CEVITAL	P 28
Figure II.2 : Consommation d'eau de forage et d'ADE au niveau de CEVITAL	P 29
Figure II.3 : Consommation d'eau osmosée au niveau de CEVITAL.....	P 30
Figure II.4 : Cycle d'eau dans CEVITAL	P 30
Figure II.5 : Osmoseur utilisé à CEVITAL	P 31
Figure II.6 : Une des lignes d'osmose inverse au niveau de CEVITAL	P 32
Figure II.7 : Filtre à cartouche	P 33
Figure II.8 : Schéma de la chaufferie.....	P 37
Figure II.9 : Schéma illustre l'entrée de l'eau ultrapure dans une chaudière au niveau de Cevital	P 38
Figure III.1 : Dosage de la dureté totale	P 42
Figure III.2 : Dosage de la dureté calcique.....	P 44
Figure III.3 : Dosage alcalimétrique.....	P 46
Figure III.4 : Dosage alcalimétrique complet.....	P 48
Figure III.5 : Dosage des chlorures	P 50
Figure III.6 : L'appareil NANOCOLOR ® UV/VIS	P 51
Figure IV.1 : Variation de pH à la chaufferie	P 56
Figure IV.2 : Variation de la conductivité électrique à la chaufferie.....	P 57
Figure IV.3 : Variation de TH à la chaufferie.....	P 57
Figure IV.4 : Variation de TA à la chaufferie.....	P 58
Figure IV.5 : Variation de TAC à la chaufferie	P 58
Figure IV.6 : Variation des Chlorures à la chaufferie.....	P 59
Figure IV.7 : Variation de Silice à la chaufferie	P 60

Figure IV.8 : Variation de Fer total à la chaufferie.....	P 60
Figure IV.9 : Variation de Phosphate à la chaufferie.....	P 61
Figure IV.10 : Variation de Sulfite à la chaufferie	P 61
Figure IV.11 : Variation de pH à la cogénération.....	P 62
Figure IV.12 : Variation de la conductivité électrique à la cogénération	P 63
Figure IV.13 : Variation de TH à la cogénération	P 63
Figure IV.14 : Variation de TA à la cogénération	P 64
Figure IV.15 : Variation de TAC à la cogénération.....	P 65
Figure IV.16 : Variation des Chlorures à la cogénération	P 65
Figure IV.17 : Variation de Phosphate à la cogénération	P 66
Figure IV.18 : Variation de DEHA à la cogénération	P 66
Figure IV.19 : Variation de TOC à la cogénération.....	P 67
Figure IV.20 : Variation des différents paramètres du condensat à la chaufferie.....	P 68
Figure IV.21 : Variation des différents paramètres du condensat à la cogénération	P 68

Liste des tableaux

Tableaux I.1 : Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines	P 4
Tableaux I. 2 : Classes de turbidités usuelles (NTU, néphélobimétrie)	P 8
Tableaux I.3 : Classification des eaux selon la conductivité	P 10
Tableaux I.4 : Relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en CaCO ₃	P 10
Tableau I.5 : Prélèvements d'eau en Algérie	P 13
Tableau I.6 : Principaux usages de l'eau dans les différentes industries	P 16
Tableau I.7 : Origine de la dureté et moyen de lutte.....	P 23
Tableau I.8 : Origine de salinité et moyen de lutte	P 24
Tableau I.9 : Origine de fer et moyen de lutte	P 24
Tableau I.10 : Origine de silice et moyen de lutte	P 25
Tableau I.11 : Origine de gaz dissous et moyen de lutte	P 25
Tableau I.12 : Origine d'acidité et moyen de lutte	P 26
Tableau IV.1 : Valeurs de pH à la chaufferie	Annexe
Tableau IV.2 : Valeurs de la conductivité à la chaufferie	Annexe
Tableau IV.3 : Valeurs de la dureté total à la chaufferie	Annexe
Tableau IV.4 : Valeurs de titre alcalimétrique à la chaufferie.....	Annexe
Tableau IV.5 : Valeurs de titre alcalimétrique complet à la chaufferie	Annexe
Tableau IV.6 : Valeurs des Chlorures à la chaufferie.....	Annexe
Tableau IV.7 : Valeurs de Silice à la chaufferie	Annexe
Tableau IV.8 : Valeurs de Fer à la chaufferie.....	Annexe
Tableau IV.9 : Valeurs des Phosphates à la chaufferie	Annexe
Tableau IV.10 : Valeurs des Sulfites à la chaufferie	Annexe
Tableau IV.11 : Valeurs de pH à la cogénération.....	Annexe
Tableau IV.12 : Valeurs de la conductivité à la cogénération	Annexe
Tableau IV.13 : Valeurs de la Dureté total à la cogénération.....	Annexe
Tableau IV.14 : Valeurs de titre alcalimétrique à la cogénération	Annexe
Tableau IV.15 : Valeurs de titre alcalimétrique à la cogénération	Annexe
Tableau IV.16 : Valeurs des Chlorures à la cogénération	Annexe
Tableau IV.17 : Valeurs des Phosphates à la cogénération	Annexe
Tableau IV.18 : Valeurs de Diéthylhydroxylamine à la cogénération	Annexe
Tableau IV.19 : Valeurs de Carbone Organique Total à la cogénération.....	Annexe

Tableau IV.20 : Valeurs des différents paramètres de condensat à la chaufferieAnnexe

Tableau IV.21 : Valeurs des différents paramètres de condensat à la cogénérationAnnexe

Liste d'abréviation

AgNO₃ : Nitrate d'argent.

°C : Degré Celsius.

CIP : lavage sur place (Cleaning In Place).

cm: centimètre.

DEHA : N, N- Diéthylhydroxylamine.

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétracétique.

°F : Degré Français.

MES : Matière En Suspension.

N.E.T : Noir Eriochrome Toluène.

pH : potentiel Hydrogène.

ppm : partie par millions.

K : Kelvin.

K₂Cr₂O₄ : Chromate de potassium.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TDS : totale des substances dissoutes.

TD-FLOC : flocculant.

TH : Titre Hydrotimétrique (TCa + TMg).

THCa+2 : Titre calcique.

TOC : Carbone organique total.

µS: micro siemens .

Introduction Générale

Dans l'industrie moderne, les chaudières occupent un rôle essentiel dans la plupart des applications industrielles et sont devenues un critère important dans l'investissement des entreprises. Elles sont, dans le monde entier, l'objet d'une évolution technologique considérable, par suite d'un développement de leur application dans divers domaines : chimie, pétrochimie, industrie agroalimentaire, production d'énergie électrique...

La plupart des installations dans l'industrie agroalimentaire ont des chaudières vapeur ou chaudières eau chaude pour produire de la vapeur ou de l'eau chaude pour le traitement, la cuisine, ou l'assainissement.

L'eau, lors de son transport ou son utilisation dans les installations de chauffage peut causer aux différents matériaux avec lesquels elle est en contact des altérations de diverses natures dont les plus fréquentes : la corrosion et l'entartrage. Ces deux phénomènes sont particulièrement dangereux car ils peuvent conduire à des ruptures et des explosions qui mettent en péril la durée de vie de l'installation, augmentent les coûts d'exploitation et entraînent des problèmes de sécurité et de perte de vie.

Afin de réduire les dégâts occasionnés par l'eau et pour garantir un fonctionnement optimisé de la chaudière et des équipements auxiliaires, il est indispensable que les eaux d'alimentation répondent à des critères de qualité rigoureux. Cette eau doit être dépourvue des sels minéraux, de gaz en particulier l'oxygène et le dioxyde de carbone et débarrassée des matières en suspension.

Pour toutes ces raisons, il ne suffit pas seulement de pomper l'eau du réservoir, mais encore il faut la traiter avant d'arriver à la chaudière. Les méthodes de traitement sont très variables selon la composition de l'eau brute. D'une manière générale l'eau doit être débarrassée des matières solides en suspension, dessalée, déminéralisée, dégazée puis conditionnée par addition d'espèces réductrices.

Dans ce contexte, les entreprises industrielles s'efforcent constamment d'améliorer la qualité des eaux alimentant leurs chaudières et de se conformer à des normes de qualité de plus en plus strictes.

C'est dans cette optique que se situe notre présent projet de fin d'étude. En effet, afin d'assurer une première immersion dans le monde industriel en général et l'industrie agroalimentaire en particulier, on a effectué un stage pratique au niveau de l'entreprise CEVITAL de Béjaia. Au cours de ce stage, il a été question de travailler sur le cycle de l'eau au sein de cette entreprise en nous focalisant sur le contrôle de qualité des eaux de chaudières.

Ce présent mémoire s'articulera autour de quatre chapitres principaux. Le premier

Introduction Générale

chapitre sera consacré à une synthèse bibliographique sur les eaux naturelles et leurs propriétés physicochimiques ainsi que les généralités sur les chaudières industrielles. Dans le deuxième chapitre, nous présenterons le complexe Cevital, ses besoins en eau ainsi que la présentation du circuit de chaudières. Le troisième chapitre sera quant à lui dédié aux matériels et méthodes utilisés pour nos analyses des propriétés physicochimiques des eaux. Enfin, le quatrième chapitre de cette étude est consacré à la présentation des résultats ainsi qu'à leurs discussions.

I. Introduction sur l'eau

L'eau est un composé chimique simple, liquide à température ambiante. A pression ambiante (1 atmosphère), l'eau est gazeuse au-dessus de 100 C° et solide en dessous de 0 C°.

Sa formule chimique est H₂O, c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (Beaudry et Tardat ,1984). L'eau se trouve presque partout sur la terre et elle est vitale pour tous les organismes vivants connus. Près de 70% de la surface de la terre est recouverte d'eau, essentiellement sous forme d'océans. Une étendue d'eau peut être un océan, une mer, un lac, un étang, une rivière, un ruisseau, un canal. La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par son cycle biogéochimique, le cycle de l'eau (Beaudry et Tardat ,1984).

I.1. Ressources hydriques naturelles

Les réserves en eau de la planète sont constituées pour la plus grande part d'eau océanique salée. L'eau douce ne constitue qu'un peu moins de 3% des réserves mondiales en eau, dont la majorité est indisponible car gelée dans les glaces polaires ou se trouve dans le milieu souterrain (Musy et al. 2014). (Figure I.1)

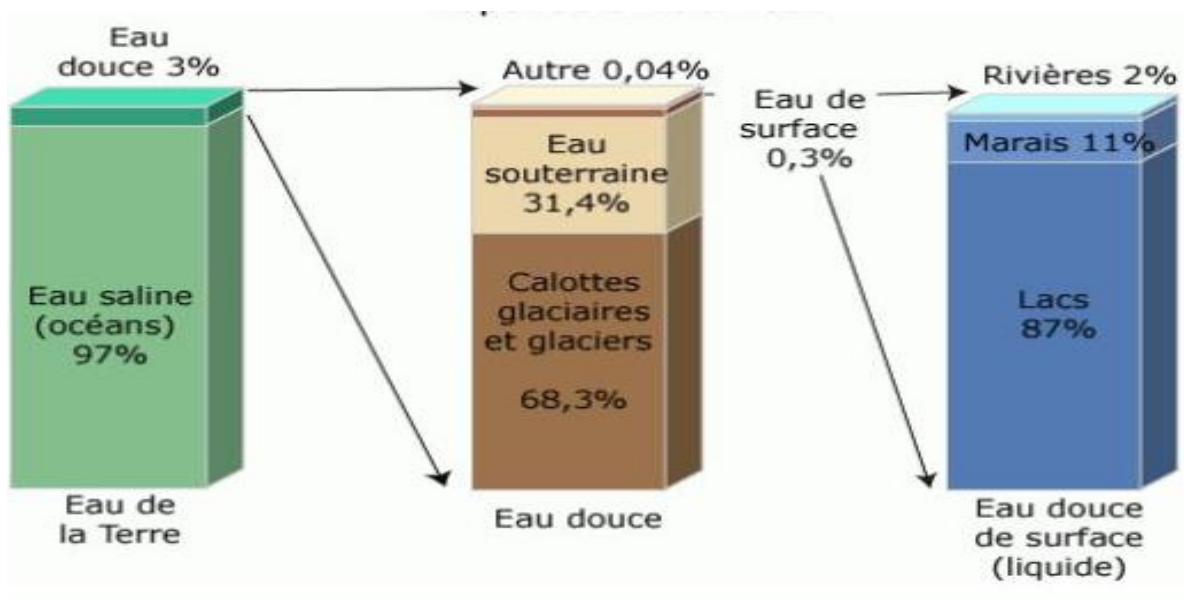


Figure I.1.Répartition des ressources en eau sur terre (Musy et al. 2014)

Les eaux douces de surface (lacs, rivières) ne représentent qu'une fraction très modeste. C'est pourtant cette fraction qui représente un intérêt capital pour les activités humaines, ainsi que pour toute la vie terrestre. Elle participe à la dynamique et le cycle de l'eau.

I.1.1. Eaux Souterraines

Les eaux qui ne sont ni ré-évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement, s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La

pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes (Desjardins, 1997).

Les principales différences entre les eaux de surface et celles souterraines sont regroupées dans le tableau I.1.

Tableaux I.1. Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines.
(Desjardins, 1997)

Caractéristique	Eau de Surface	Eau de Souterraines
Température	Variable suivant les saisons	Relativement constante
Turbidité, MES	Variable parfois élevée	Faible ou nulle
Couleur	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides	Liée surtout aux matières en solutions (acides humiques)
Minéralisé globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations	Sensiblement constante en générale nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fe ²⁺ et Mn ²⁺	Généralement absent, sauf en profondeur des pièces d'eaux en état d'eutrophisation	Généralement présente
CO ₂ agressif	Généralement absent	Souvent présent en grand quantité
O ₂ dissous	La plus souvent au voisinage de la saturation	Absent la plupart du temps
H ₂ S	Généralement présente	Souvent présent

NH ₄ ⁺	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrate, Nitrite, Silice	Peu abondant en générale	Teneur souvent élevée
Micropolluant minéraux et Organique	Présent dans les eaux de pays développées, mais susceptible de disparaître rapidement après suppression des sources	Généralement absents mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Elément vivants	Bactérie (dont certain pathogène) virus, plancton (animale et végétale)	Ferme bactérie fréquents

I.1.2. Eaux superficielles

Les principales sources d'eau potable sont les eaux de surface. Ces eaux s'avèrent souvent impropres à la consommation en raison de la pollution générée par nos activités domestiques, industrielles et agricoles. En effet, la qualité des eaux de surface varie selon les régions et les périodes de l'année. La nature et l'intensité des activités ne permettent pas toujours au cours d'eau de diluer ou de neutraliser la pollution à un niveau acceptable, si bien que l'eau ne peut pas être utilisée pour la consommation. L'emplacement des prises d'eau par rapport aux sources de pollution est aussi déterminant pour la qualité de l'eau. Il convient ainsi de situer la prise d'eau en amont d'une source importante de pollution et de protéger cette prise d'eau en interdisant l'émission de contaminants aux alentours dans une zone d'une étendue respectable.

La qualité des eaux de surface varie fortement suivant leurs origines. Selon le cas elles sont naturellement riches en matières en suspension et en matières organiques naturelles, acides peu minéralisées,...elles sont également vulnérables aux pollutions. De ce fait, les eaux de surface nécessitent des installations de traitement conséquentes comprenant généralement des opérations de chloration, coagulation, floculation, décantation/flottation, filtration, minéralisation. L'eau de surface peut aussi être filtrée sur de charbon actif. L'ozonation est aussi une technique utilisée pour éliminer les micropolluants, les germes, les mauvais goûts, les couleurs et les odeurs (**Desjardins, 1997**).

I.2. Substances présentes dans les eaux naturelles

I.2.1. Matière en suspension (MES)

Ce paramètre englobe tous les éléments en suspension dans l'eau dont la taille permet leur rétention sur un filtre de porosité donnée ou leur rassemblement, sous forme de culot, par centrifugation. Il n'existe pas de relation générale entre turbidité et MES, mais une telle corrélation peut être établie empiriquement pour chaque type d'eau (**Roval, 1995**).

I.2.2. Matières dissoutes

I.2.2.1. Salinité

La salinité totale est la concentration des substances minérales dissoutes dans l'eau. Il existe de nombreuses sources de minéralisation (sédiments de roches, argiles, sables,...). La notion de salinité est importante particulièrement pour les eaux de mer et certaines eaux industrielles, en effet elle permet de procéder à un choix optimal du traitement d'ionisation (**Roval, 1995**).

I.2.2.2. Résidu Sec (RS)

Le résidu Sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l (**Roval, 1995**).

I.2.3. Gaz dissous

Les gaz dissous présents dans les eaux ont deux origines :

- Les gaz de l'atmosphère
- Les gaz de la surface du sol et du sous-sol (**Tharreau, 2009**).

I.2.3.1. Gaz de l'atmosphère

I.2.3.1.1. L'oxygène dissous

L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utile pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. C'est un des paramètres les plus sensibles à la pollution. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le degré de l'autoépuration d'un cours d'eau.

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques.

La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg O₂/l (**Tharreau, 2009**).

✓ La Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existant dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présente dans l'eau quel que soit leur origine organique ou minérale.

La DCO étant fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives, des possibilités de l'oxydation.

La DCO est la concentration, exprimée en mg/l, d'oxygène équivalente à la quantité de dichromates consommée par les matières dissoutes et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans des conditions définies par la norme (**Régis et Selim, 2011**).

✓ Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ est la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes présents dans un milieu pour oxyder (dégrader) les substances organiques contenues dans un échantillon d'eau maintenu dans l'obscurité, pendant 5 jours. Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matière organique biodégradable d'une eau naturelle polluée ou d'une eau résiduaire (**Régis et Selim, 2011**).

I.2.3.1.2. Azote (N₂)

Gaz inerte dans les conditions habituelles d'emploi de l'eau, l'azote ne génère aucun inconvénient particulier (**Tharreau, 2009**).

I.2.3.1.3. Dioxyde de carbone (CO₂)

L'eau de pluie s'enrichit en dioxyde de carbone au contact de l'atmosphère. Ce gaz, qui confère à l'eau un pH acide, peut jouer un rôle important dans la dissolution de certaines roches (les roches calcaires, par exemple) (**Tharreau, 2009**).

I.2.3.1.4. Oxydes de soufre (SO_x) et d'azote (NO_x)

Ces gaz sont des sous-produits de combustion présents dans l'atmosphère (**Tharreau, 2009**).

I.2.3.2. Gaz de la surface du sol et du sous-sol

Ce sont principalement les gaz contenus dans les couches d'humus en cours de décomposition et les couches superficielles du sol que l'eau traverse (**Tharreau, 2009**).

I.2.3.2.1. Dioxyde de carbone (CO₂)

Le dioxyde de carbone d'origine végétale constitue la plus grande partie du dioxyde de carbone présent dans les eaux d'infiltration. Tout comme pour l'eau de pluie, ce gaz joue un

rôle déterminant dans la dissolution des roches calcaires, mais également dans les phénomènes de corrosion des métaux (Tharreau, 2009).

I.2.3.2.2. Ammoniac (NH_3)

Issu de la dégradation des composés organiques azotés, l'ammoniac est biodégradable et peut donc, en qualité d'élément nutritif, intervenir dans le développement de certaines bactéries (Tharreau, 2009).

I.2.3.2.3. Hydrogène sulfuré (H_2S)

Provenant de la dégradation de composés organiques soufrés en milieu non aéré, l'hydrogène sulfure confère à l'eau une odeur et une saveur très désagréables. Il compte parmi les gaz courants les plus toxiques et son inhalation accidentelle peut provoquer des intoxications graves, pouvant avoir une issue fatale à des concentrations dans l'air de l'ordre de 500 ppm. Il intervient également comme agent de corrosion des métaux cuivreux et ferreux (Tharreau, 2009).

I.3. Propriétés des eaux naturelles

I.3.1. Propriétés organoleptiques

Les facteurs organoleptiques constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé.

I.3.1.1. Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, limons, particules fibreuses ou organique, micro-organismes...), souvent lié à des phénomènes pluviométriques dans les eaux superficielles et dans certaines eaux souterraines (nappes peu profondes). La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre et s'exprime en unité néphélobométrique de turbidité ou NTU (Tableaux I. 2) (Roval, 1995).

Tableaux I. 2. Classes de turbidités usuelles (NTU, néphélobométric turbidity unity). (Roval, 1995)

NTU<5	Eau claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
NTU>50	Eau trouble

I.3.1.2. Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité **(Roval, 1995)**.

I.3.1.3. Odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances **(Tharreau, 2009)**.

I.3.1.4. Goût et saveur

- Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lors de la boisson est dans la bouche.
- La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs **(Roval, 1995)**.

I.3.1. Propriété physique

I.3.1.1. Température

C'est un facteur important pour l'activité biologique, il influence la solubilité de l'oxygène du milieu récepteur, donc son pouvoir auto épurateur **(Tharreau, 2009)**.

La température de l'eau dépend d'une série de facteurs: **(Tharreau, 2009)**

- Situation géographique, la saison
- La profondeur (la température des profondeurs est généralement plus faible qu'en surface)
- La couleur de l'eau (une eau sombre absorbe plus fortement la chaleur)
- Le volume de l'eau (plus le volume est élevé moins importantes sont les fluctuations de température)

I.3.1.2. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acidité carbonique, et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates **(Régis et Selim, 2011)**.

I.3.1.3. Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau

(Tableaux I.3). Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain. L'unité de mesure de la conductivité est siemens/cm (s/cm): $1\text{ S /m} = 104\mu\text{S/cm} = 103\text{ S/m}$. La minéralisation de l'eau (teneur globale en espèces minérales) peut entraîner selon les cas, un gout salé (variable selon la nature des sels présents), une concentration de la corrosion, et les dépôts dans les tuyauteries (entartrage) (**Régis et Selim, 2011**).

Tableaux I.3. Classification des eaux selon la conductivité (**Régis et Selim, 2011**)

Type d'eaux	Conductivité ($\mu\text{S/Cm}$)	Résistivité ($\Omega. \text{m}$)
Eau pure	< 23	> 30000
Eau douce peu minéralisée	100 à 200	5000 à 10000
Eau de minéralisation Moyenne	250 à 500	2000 à 40000
Eau très minéralisée	1000 à 2500	400 à 1000

I.3.2. Propriétés chimiques

I.3.2.1. Chlorures (Cl⁻)

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux (**Tardart, 1994**).

I.3.2.2. Dureté totale (TH)

La dureté de l'eau est due à la présence de calcium et dans une moindre mesure (Tableaux I.4), de magnésium. On l'exprime généralement en quantité équivalente de carbonate de calcium (**Dore, 1989**).

Tableaux I.4. Relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en Caco (**Dore, 1989**)

Dureté de l'eau	Concentration en mg/l
Eau douce	0 à 60

Eau moyennement douce	60 à 120
Eau dure	120 à 180
Eau très dure	plus de 180

Une dureté supérieure 200 mg/L peut provoquer l'entartrage CaCO_3 (excès calcaire) du système de distribution ce qui induit au colmatage des membranes par la précipitation des sels qui altère gravement le transfert de matière.

I.3.2.3. Titre alcalimétrique (TA)

La teneur en hydroxyde (OH^-), est la moitié de la teneur en carbonate CO_3^{2-} et un tiers environs des phosphates présents (**Dore, 1989**).

I.3.2.4. Titre alcalimétrique complet (TAC)

Il correspond à la teneur en ions OH^- , CO_3^{2-} et HCO_3^- pour des pH inférieur, à 8.3, la teneur en ions OH^- et CO_3^{2-} est négligeable ($\text{TA}=0$), dans ce cas la mesure de TAC correspondant au dosage des bicarbonates seuls (**Dore, 1989**).

I.3.2.5. Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est plus abondant après le calcium par rapport au sodium et au potassium. Le Magnésium peut avoir deux gaines : Les calcaires dolomitiques qui libèrent le magnésium par dissolution, en présence du gaz carbonique. La dissolution du MgSO_4 des terrains gypseux du Trias situés au Sud (**Kettab, 1982**).

I.3.2.6. Calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement réparti dans la nature et en particulier dans les roches calcaire sous forme de carbonates. C'est un composant majeur de la dureté totale de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure etc. Les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg/l les eaux qui dépassent les 500 mg/l présente de sérieux inconvénient pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières (**Kettab, 1982**).

I.4. Usage de l'eau et ses fonctions en industries

I.4.1. Usage commun en tant que fluide thermique

Elle participe de façon indirecte à la production en tant que fluide thermique (production de vapeur, eau chaude, eau de refroidissement, eau glacée...). Pour cet usage, l'eau véhicule et échange la chaleur et le froid au sein d'un site industriel.

Les contraintes de qualité de l'eau dans ce type d'applications ne sont pas dépendantes de la nature de l'industrie, mais sont liées aux caractéristiques intrinsèques de la chaudière, du circuit de refroidissement, du circuit d'eau glacée. On va aussi retrouver dans les utilités l'eau pour les réseaux incendie des grands sites industriels (**LEPETIT, 2005**).

I.4.2. Usage spécifique

Les eaux de chaudières doivent répondre à des exigences particulières pour assurer le bon fonctionnement des chaudières, réduire la consommation d'énergie et surtout protéger les installations où circulent ces eaux. La maîtrise des notions thermodynamiques de la vapeur est primordiale pour garantir une production de la vapeur d'eau selon les usages (turbinage, vapeur surchauffée, fluide procédé, ...) (**Hager et Elsässer, 1997**).

I.4.2.1. Cas de l'industrie agro-alimentaire

En industrie agroalimentaire l'eau est une matière première incontournable elle est partout :

- dans les matières premières ;
- dans les systèmes de refroidissement ;
- dans le process (lavage, nettoyage, désinfection...) ;
- dans les installations sanitaires ;

Toutes les eaux susceptibles d'être en contact avec les denrées alimentaires doivent faire l'objet d'analyses régulières. Une eau de mauvaise qualité peut contaminer la production et le risque est souvent sous-estimé (**Hager, Elsässer, 1997**). Dans ces applications, les critères de qualité de l'eau dépendent directement du procédé industriel et sont spécifiques aux industries concernées. Des spécifications qualitatives sont alors émises soit par les centres techniques du métier, soit par les services ingénierie des grands groupes industriels, soit également par la réglementation dans le cas notamment des industries alimentaires. En tant que fluide de nettoyage des équipements, l'eau permet de préparer et de véhiculer les solutions de nettoyage (lessives ou produits désinfectants), d'effectuer les rinçages et d'évacuer les salissures (**LEPETIT, 2005**).

I.4.3. Aspect quantitatifs et qualitatifs des besoins en eaux industrielles

Les ressources en eau prélevées en 2012 en Algérie sont estimées à 8 425 millions m³, dont 4 800 millions m³ provenant d'eau superficielle, 3 000 millions m³ d'eau souterraine, soit bien au-delà du volume renouvelable annuel, 615 millions m³ d'eau dessalée (Eurostat, 2015) et 10 millions m³ d'eaux usées traitées directement utilisées. Les prélèvements attribués à

chacun des secteurs n'est pas entièrement connu: la part de l'agriculture semble correspondre à 59 pour cent soit 4 990 millions m³ et la part des industries à 5 pour cent, soit 415 millions m³. Le prélèvement des municipalités est donc estimé à 36 pour cent, soit 3 020 millions m³ (tableau I.5 et figure I.2, figure I.3) (FAO. AQUASTAT, 2016).

Tableau I.5. Prélèvements d'eau en Algérie (FAO. AQUASTAT, 2016)

Prélèvement en eau :			
Prélèvement totale en eau	2012	8425	millions m ³ /an
- Agriculture (irrigation + élevage +aquaculture)	2012	4990	millions m ³ /an
- Municipalité	2012	3020	millions m ³ /an
- Industrie	2012	415	millions m ³ /an
Par habitant :	2012	219	m ³ /an
Prélèvement d'eau de surface et souterraine (primaire et secondaire)	2012	7800	millions m ³ /an
- En % des ressources en eau renouvelable totales	2012	67	%
Source en eau non conventionnelle :			
Eaux usée municipales produites	2012	820	millions m ³ /an
Eaux usée municipales traitées	2012	324	millions m ³ /an
Utilisation directs des eaux usées municipales traitées	2012	10	millions m ³ /an
Utilisation directs d'eau de drainage agricole			
Eau dessalés produite	2012	615	millions m ³ /an

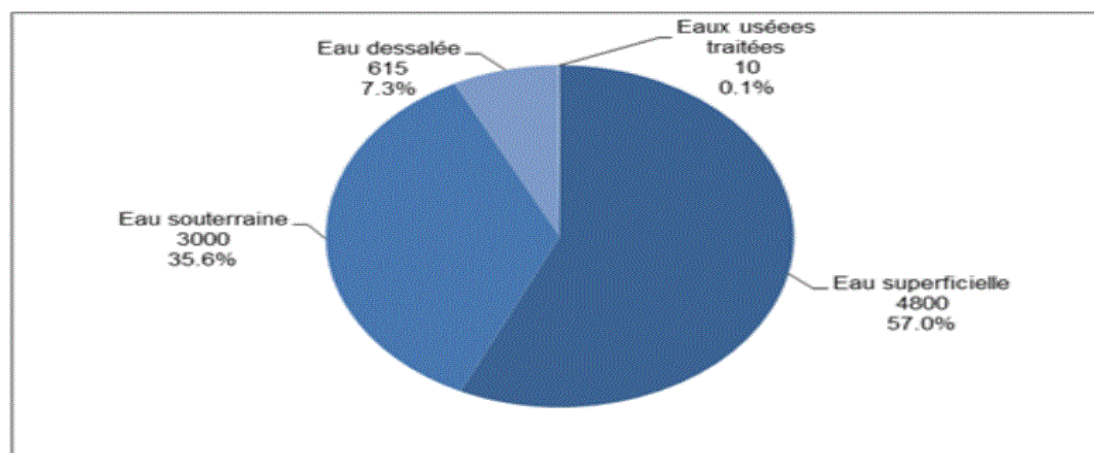


Figure I.2. Prélèvements d'eau par source (FAO. AQUASTAT, 2016)

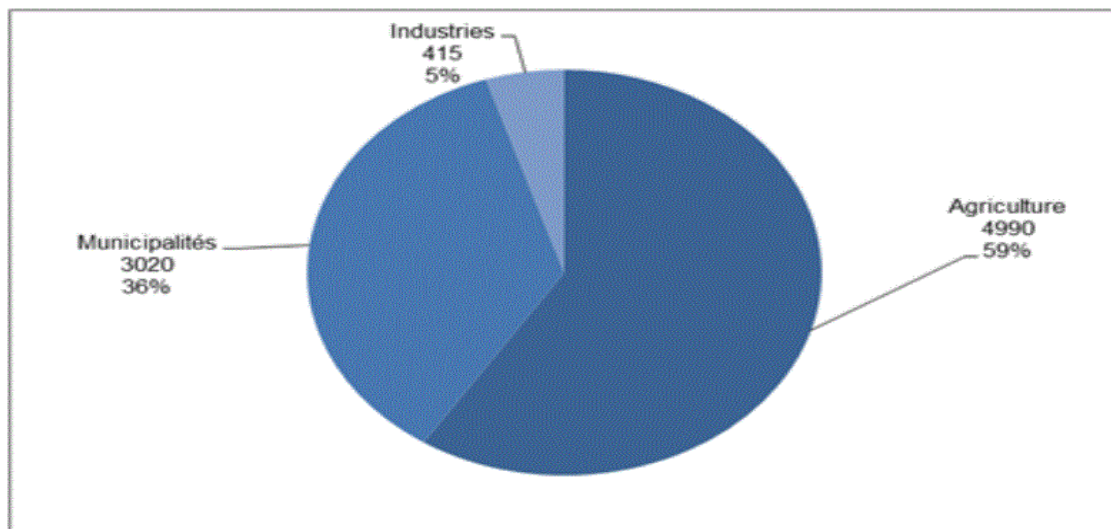


Figure I.3. Prélèvements d'eau par secteur (FAO. AQUASTAT, 2016)

I.4.3.1. En terme quantitatifs

Pour un même type de production industrielle, il y'a des écarts dans les volumes d'eau utilisés qui sont liés à l'âge des équipements, à l'aménagement des lignes de production et aux conditions de lavage.

Au sein d'un site industriel une combinaison de plusieurs de ces usages et donc dans de nombreux cas, différentes qualités d'eau qu'il faudra produire directement sur le site à partir de ressources qui peuvent elles-mêmes être d'origines diverses: eau de surface (rivière, barrage, lac), eau de forage, eau de ville.

Les filières de traitement doivent donc être adaptées à la qualité de la ressource et à la destination de l'eau traitée.

L'industriel aura donc à gérer différentes ressources en eau, différents traitements d'eau en fonction des usages, différents stockages d'eau et également différents réseaux de distribution. Un secteur situé en amont d'une filière de production consommera beaucoup d'eau : la transformation de la matière brute nécessite des quantités d'eau et d'énergie importantes. Les étapes aval d'une filière (figure I.4), sont des étapes d'assemblage de produits déjà transformés et les procédés mis en œuvre sont alors beaucoup moins consommateurs d'énergie (et donc d'eau en tant que fluide thermique) (LEPETIT, 2005).

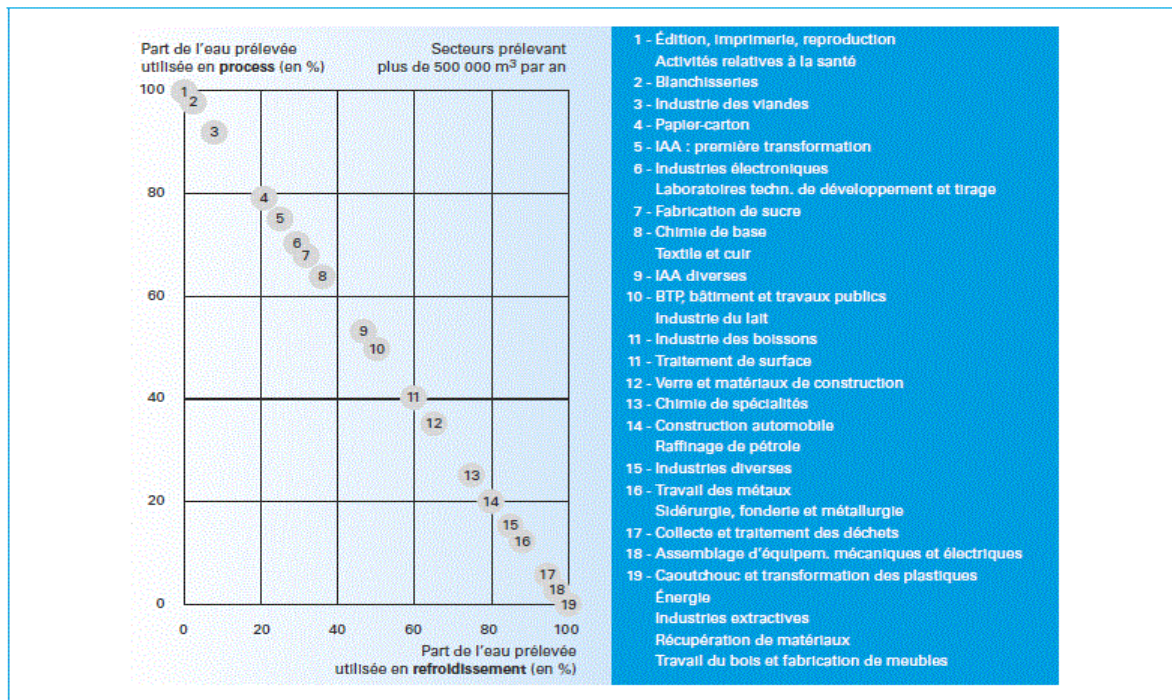


Figure I.4. L'usage de l'eau entre processus de fabrication et refroidissement dans les différents secteurs (LEPETIT, 2005).

I.4.3.2. En terme qualitatifs

Il n'existe pas de qualité intrinsèque d'une eau, mais des qualités d'eau qui permettent de satisfaire tel ou tel usage. Les termes suivants sont utilisés afin de qualifier cette eau (Figure 1.5) (LEPETIT, 2005).

- **eaux industrielles** : pour le transport et le lavage des matières premières et pour les circuits de refroidissement.
- **eaux de fabrication ou de processus** : pour la production de vapeur, les lavages des équipements, certaines actions de dissolution, mise en suspension et/ou dilution des produits.
- **eau de qualité potable** : dans tout le secteur de l'agroalimentaire, mais aussi dans ceux de la cosmétique et de la chimie fine.
- **eau ultra pure** qui est utilisée en électronique et en industrie pharmaceutique (LEPETIT, 2005).

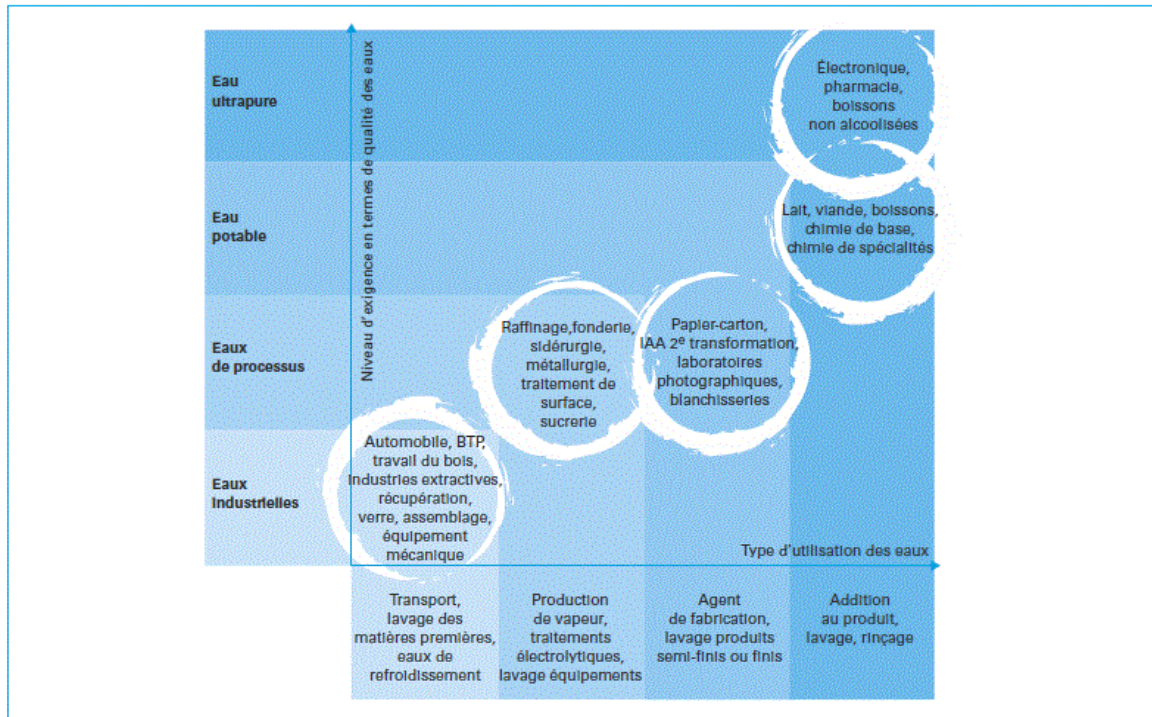


Figure I.5. Utilisations spécifiques des eaux et niveaux d'exigence maximum de qualité des eaux (LEPETIT, 2005)

Ainsi dans la plupart des cas, l'eau utilisée en industrie n'est pas de qualité eau potable. Les spécifications caractérisant l'eau au point d'usage varient d'une utilisation à l'autre (tour de refroidissement, chaudière, processus de fabrication...) et en fonction des équipements et des processus de production propres à chaque industrie. Il faut toutefois considérer qu'il n'est pas forcément nécessaire de faire de sur qualité, par exemple produire une eau de qualité potable pour alimenter les circuits de refroidissement (Tableau I.6).

Tableau I.6. Principaux usages de l'eau dans les différentes industries (LEPETIT, 2005)

Utilisation	Applications principales
Vaporisation	Chaudières, humidification d'air
Echange thermique	Condensation de vapeur, refroidissement de fluides et solides, chauffage
Lavage de gaz	Sidérurgie, incinération d'ordures ménagères, désulfuration de fumées
Lavage de solides	Charbon, minerai, produits agricoles

Transport de solides	Pâtes à papier, charbon, pulpes, pigments d'électrophorèse
Rinçage de surface	Traitement de surfaces, semi-conducteurs, Microélectronique
Lavage de cuves, Réacteurs	Teintureries, chimie
Transport d'ions	Bains de traitement de surface, fluide de coupes aqueuses
Extinction	Coke, laitier, granulation, fonte
Maintien de pression	Récupération secondaire pétrole
Energie cinétique	Coupure, décalaminage d'acier, granulations diverses
Fabrication	boissons gazeuses

I.4.4. Eaux d'alimentation des chaudières industrielles

I.4.4.1. Cycle de l'eau dans les chaudières

Quel que soit le type de chaudière considéré, il est possible de schématiser très simplement le cycle de l'eau de la manière suivante (figure I.6)

L'appareil reçoit de l'eau d'alimentation qui est constituée par une proportion variable d'eau condensée récupérée, dite "eau de retour" et d'eau neuve, plus ou moins épurée, dite "eau d'appoint". La vapeur, qui s'échappe de la zone de vaporisation, contient fréquemment des vésicules liquides (primage), des gaz (en particulier le gaz carbonique). Aux pressions élevées, elle véhicule des sels volatilisés par un véritable "entraînement à la vapeur", tels que de la silice et, aux très hautes températures, des chlorures.

L'eau restée sous forme liquide à la partie inférieure de la chaudière se charge de toutes les substances que contenait l'eau qui a été vaporisée (à l'exception de celles qui ont été entraînées dans la vapeur).

La déconcentration nécessaire est appelée "purge" ou "extraction" par envoi à l'égout d'une fraction de l'eau de la chaudière (**Degrémont, 1991**).

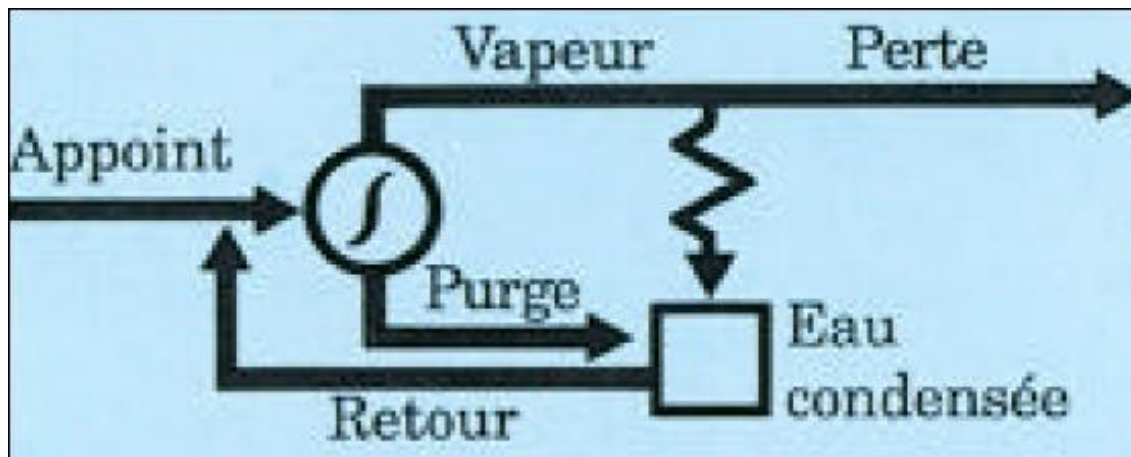


Figure I.6. Cycle de l'eau dans une chaudière (Degrémont, 1991)

1.4.4.2. Type de chaudières

Il existe deux grands groupes de chaudières :

- a- Les chaudières de récupération qui permettent de valoriser l'énergie thermique d'un fluide chaud qui doit être refroidi (Dumont, 2005).
- b- les chaudières à combustion, dans lesquelles un combustible est brûlé de manière à transférer l'énergie nécessaire (Dumont, 2005).

Les chaudières à combustion sont conçues en fonction des caractéristiques du fluide caloporteur ou du fluide à vaporiser, ainsi que du combustible à brûler.

Les chaudières de récupération ont, elles aussi, des caractéristiques très variées, dictées par les processus industriels auxquelles elles sont associées. Elles produisent soit de la vapeur de chauffe, utilisée en d'autres points de l'installation qui nécessitent un apport de chaleur, soit de la vapeur énergétique, dont la détente dans des turbines permet d'entraîner certaines machines, telles que des compresseurs, des pompes ou alors des alternateurs connectés à un transformateur pour la production d'électricité (Dumont, 2005).

I.4.4.3. Problèmes rencontrés dans les circuits de chaudières

Les accidents que l'eau peut provoquer dans une chaudière ou dans une turbine sont:

a- Les incrustations : Elles sont dues au dépôt sur les parois de la chaudière de précipités cristallins, qui, gênant la transmission de la chaleur, provoquent des surchauffes locales et sont à l'origine des "coups de feu". Elles sont d'autant plus dangereuses qu'elles sont moins conductrices. Les grandeurs relatives de leur conductibilité thermique sont les suivantes :

- acier 15 kcal/m².h par degré C
- CaSO₄ 1 à 2 kcal/ m².h par degré C
- CaCO₃ 0,5 à 1 kcal/ m².h par degré C

- SiO₂ 0,2 à 0,5 kcal/ m².h par degré C

Ces incrustations sont dues principalement à la présence dans l'eau de sels de calcium (carbonates ou sulfates) moins solubles à chaud qu'à froid, ou à une trop forte concentration en silice par rapport à l'alcalinité de l'eau dans la chaudière. Dans les chaudières à très forte vaporisation, il peut y avoir sursaturation de sels dans le film superficiel surchauffé ou séquestration avec une salinité moindre de la purge (**Dumont, 2005**).

b- Le primage : entraînement plus ou moins important de vésicules liquides dans la vapeur (mousse et brouillard), qui provoque à la fois une baisse de rendement énergétique de la vapeur et le dépôt de cristaux salins sur les surchauffeurs et sur les turbines. Il est en relation avec la viscosité et la tendance au moussage de l'eau. Celles-ci sont fonction de l'alcalinité, de la présence de certaines substances organiques et de la salinité totale. L'importance du primage dépend aussi des caractéristiques de la chaudière et de son régime de vaporisation (**Dumont, 2005**).

c- L'entraînement dans la vapeur : de corps minéraux volatils à la température d'ébullition, dont le plus nocif est celui de la silice qui se produit au-dessus de 250°C.

Ces sels se déposent sur les ailettes des turbines entraînant de graves désordres dans leur fonctionnement. Les entraînements sont d'autant plus importants que la pression, et donc la température, sont plus élevées. Ils sont en relation avec la concentration des éléments concernés dans l'eau du ballon (**Dumont, 2005**).

d- Les corrosions : d'origine et de nature très variées dues, soit à l'action de l'oxygène dissous, soit à des courants de corrosion provenant d'hétérogénéités sur les surfaces métalliques, soit encore à l'attaque directe du fer par l'eau. Avant d'aborder l'étude des moyens de correction, il faut examiner la concentration des divers éléments dangereux à respecter dans la phase liquide en fonction des caractéristiques de la chaudière et éventuellement de celles de la turbine.

A partir de ces valeurs, et compte tenu des possibilités d'extraction des purges, les valeurs correspondantes à respecter dans l'eau d'appoint se trouvent définies (**Dumont, 2005**).

I.4.4.4. Nécessité de traitement des eaux d'alimentation et des condensats

Le traitement et le conditionnement de l'eau d'alimentation de chaudière doit satisfaire trois objectifs principaux:

- L'échange continu de chaleur ;
- La protection à la corrosion ;
- La production de haute qualité de vapeur ;

Le traitement externe est la réduction ou l'élimination des impuretés de l'eau hors de la chaudière. En général, le traitement externe est utilisé quand la quantité de telles ou telles impuretés de l'eau d'alimentation est trop élevée pour être tolérée par le système de chaudière en question. Il y a différents types de traitement externe (adoucissement, évaporation, désaération, contacteurs etc...) qui peuvent être utilisés pour l'eau d'approvisionnement. Le traitement interne est le traitement des impuretés à l'intérieur du système de chaudière. Les réactions se produisent dans les lignes d'alimentation ou dans la chaudière. Le traitement interne peut être utilisé seul ou avec un traitement externe. Son but est de réagir correctement avec la dureté de l'eau d'alimentation, d'éliminer les boues, de réduire l'oxygène et d'empêcher le moussage de l'eau des chaudières (**Dearborn, 1991**).

➤ **Traitement externe**

Les équipements de traitement de l'eau purifient et désaèrent l'eau d'appoint ou l'eau d'alimentation. L'eau est parfois prétraitée par évaporation pour produire une vapeur relativement pure, qui est alors condensée et utilisée pour l'alimentation des chaudières. Les évaporateurs sont de différents types, le plus simple étant un réservoir par lequel les serpentins à vapeur sont passés pour chauffer l'eau jusqu'au point d'ébullition. Parfois pour augmenter le rendement la vapeur du premier réservoir passe par des bobines dans un second réservoir d'eau pour produire un chauffage additionnel et une évaporation. Les évaporateurs conviennent où la vapeur en tant que source de chaleur, est aisément disponible. Ils ont des avantages particuliers pour la déminéralisation, par exemple, lorsque les solides dissous de l'eau brute sont très élevés.

Certains matériaux naturels ou synthétiques ont la capacité d'éliminer les ions minéraux de l'eau en les échangeant par d'autres. Par exemple, en passant l'eau à travers un simple adoucisseur échangeur de cations tous les ions calcium et magnésium sont éliminés et remplacés par des ions sodium. Puisqu'un simple échange de cation ne réduit pas le total de solides de l'eau d'alimentation, il est parfois utilisé conjointement avec d'autres traitements de type décarbonatation. Un des traitements les plus courants et plus efficaces est le procédé par zéolite à chaux. Ceci comporte un prétraitement de l'eau avec de la chaux pour réduire la dureté, l'alcalinité et dans certains cas la silice, et le traitement subséquent avec un adoucisseur à échange de cation. Ce système de traitement accomplit plusieurs fonctions: adoucissement, réduction de l'alcalinité et de la silice, réduction d'oxygène, et l'élimination de matière suspendue et de la turbidité. Le traitement chimique à l'intérieur de la chaudière est généralement essentiel et complète le

traitement externe en faisant attention à ce qu'aucune impureté n'entre dans la chaudière avec l'eau d'alimentation (dureté, oxygène, silice, etc.). Dans de nombreux cas, le traitement externe de l'eau d'approvisionnement n'est pas nécessaire et l'eau peut être traitée seulement par des méthodes internes (**Dearborn, 1991**).

➤ **Traitement interne**

Le traitement interne peut constituer l'unique traitement lorsque les chaudières opèrent à pression faible ou modérée, lorsqu'une large quantité de vapeur condensée est utilisée pour l'eau d'alimentation, ou lorsque la qualité de l'eau brute est bonne. Le but d'un traitement interne est de :

- 1) réagir avec la dureté de l'eau d'alimentation et l'empêcher de précipiter avec le métal de la chaudière (tartre);
- 2) conditionner n'importe quelles matières en suspension telles les boues de dureté ou l'oxyde de fer dans les chaudières et de les rendre non-adhérentes au métal de chaudière;
- 3) assurer une protection anti-moussage pour permettre une concentration raisonnable en solides dissous et en suspension dans la chaudière sans risque de primage;
- 4) éliminer l'oxygène de l'eau et d'assurer une alcalinité suffisante pour empêcher la corrosion dans la chaudière.

De plus, en tant que mesure supplémentaire, un traitement interne devrait empêcher la corrosion et l'entartrage dans les systèmes d'alimentation d'eau et protéger les systèmes de condensat de vapeur contre la corrosion.

Pendant le procédé de traitement, qui est un complément essentiel au programme de traitement à l'eau, des doses spécifiques de produits de traitement sont ajoutés à l'eau. Les produits couramment utilisés incluent:

- Dispersants phosphates, dispersants polyphosphates (produits chimiques d'adoucissement): réagissant avec l'alcalinité de l'eau de chaudière, ces produits neutralisent la dureté de l'eau des chaudières en formant le phosphate tricalcique, et les composants insolubles qui peuvent être disposés et purgés de façon continue ou périodique par le bas de la chaudière.
- Dispersants naturels et synthétiques (Agents antitartre): augmentent les propriétés dispersives des produits de traitements. Ils peuvent être:
 - Des polymères naturels: lignosulfonates de calcium, tanins
 - Des polymères synthétiques: polyacrylates, copolymère acrylique maléique, copolymère styrène maléique, polystyrène sulfonates etc.

- Séquestrant: tels que les phosphates inorganiques qui agissent comme des inhibiteurs.
- Réducteur d'oxygène: sulfite de sodium, tanins, tannis, hydrazine, dérivés d'hydroquinone, dérivés d'hydroxylamine, dérivés d'acide ascorbique, etc. Ces réducteurs, catalysés ou non, réduit les oxydes et l'oxygène dissous. Passive aussi les surfaces des métaux. Le choix du produit et la dose requise dépendra de la manière dont le dégazeur thermique est utilisé.
- Agents anti-moussage et anti-primage: mélange d'agents tensio-actifs qui modifient la tension de surface d'un liquide, élimine le moussage et empêche le primage des particules fines de l'eau dans la vapeur.

Les produits chimiques d'adoucissement utilisés incluent les cendres de soude, les caustiques et divers types de phosphates de sodium. Ces produits chimiques réagissent avec les composés de calcium et de magnésium dans l'eau d'alimentation. Le silicate de sodium est utilisé pour réagir sélectivement avec la dureté en magnésium. Le bicarbonate de calcium entrant avec l'eau d'alimentation est décomposé avec la température de la chaudière ou réagit avec les cendres caustiques pour former le carbonate de calcium. Puisque le carbonate de calcium est relativement insoluble, il tend à sortir de la solution. Le carbonate de sodium est partiellement décomposé à température élevée en hydroxyde de sodium (caustique) et en dioxyde de carbone. Les températures élevées de l'eau de chaudière réduisent la solubilité du sulfate de calcium et tend à le faire précipiter directement sur le métal de la chaudière en tant que tartre. En conséquence, le sulfate de calcium doit être traité chimiquement pour former un précipité dans l'eau où il sera conditionné et éliminé par vidange. Le sulfate de calcium réagit avec le carbonate de sodium, le phosphate de sodium ou le silicate de sodium pour former du carbonate, phosphate ou silicate de calcium insoluble. Le sulfate de magnésium réagit avec la soude caustique pour former un précipité d'hydroxyde de magnésium. Certains magnésiums peuvent réagir avec la silice pour former le silicate de magnésium. Le sulfate de sodium est très soluble et reste en solution à moins que l'eau soit évaporée presque à sec.

Les méthodes courantes internes d'alimentation en produit chimiques incluent l'utilisation proportionnée de réservoirs de solutions chimiques et de pompes. En général, les produits chimiques de décarbonatation (phosphates, les cendres de soude, les caustiques, etc.) sont ajoutés directement à l'eau d'alimentation à un point près de l'entrée de la chaudière. Ils peuvent être aussi ajoutés par une voie dérivée les déchargeant dans la chaudière. Les produits chimiques devraient être déchargés dans la section d'eau d'alimentation de la chaudière afin que les réactions se produisent dans l'eau avant d'arriver dans le secteur de génération de

vapeur. Les produits chimiques de décarbonatation peuvent être ajoutés continuellement ou par intermittence suivant, entre autre, la dureté de l'eau d'alimentation. Les produits chimiques ajoutés pour réagir avec l'oxygène dissous (sulfate, hydrazine, etc.) et les produits chimiques utilisés pour empêcher l'entartrage et la corrosion devrait alimenter le système d'alimentation le plus continuellement possible. Les produits chimiques utilisés pour empêcher la corrosion des systèmes de condensat peuvent être ajoutés directement à la vapeur ou dans le système d'alimentation d'eau, en fonction des produits utilisés. Une alimentation continue est préférable mais, dans certains cas, des applications par intermittence suffiront (**Dearborn, 1991**).

I.4.4.5. Qualité des eaux d'appoint et des condensats

Dans la chaudière, la qualité de l'eau d'appoint et la part des retours condensats sont des facteurs importants pour le bon fonctionnement de l'installation et conditionnent la concentration en chaudière et par conséquent: taux de purge. La qualité de l'eau de chaudière impacte également les installations par l'entartrage, le primage et la corrosion (**Jean Bernard, 2013**).

Les paramètres importants et leur influence :

I.4.4.5.1. La dureté

Influence majeure : formation de calcaire sur les tubes de la chaudière.

Impact énergétique : diminution de l'échange thermique et risque de surchauffes locales des tubes (avec un risque de fragilisation de l'acier à ces endroits)(Tableau I.7) (**Jean-Jacques, 2013**).

Tableau I.7. Origine de la dureté et moyen de lutte (**Jean-Jacques, 2013**)

Origine	Quantification	Chiffres types	Moyen de lutte
Ions calcium et magnésium de l'eau	Degré Français (°F)	Eau dure : >20°F Eau douce : <10°F Valeur cible : 0°F	Adoucisseur Agents chimiques

1.4.4.5.2. La salinité

Influence majeure : les sels vont s'accumuler dans la chaudière et vont devoir être éliminés par une purge de déconcentration afin d'éviter le primage.

Si la concentration en sels est trop élevée dans la chaudière, on va assister à une formation de mousse à la surface de l'eau, cette mousse, une fois qu'elle est emportée avec la vapeur risque de corroder le réseau. C'est le phénomène de primage chimique. (Tableau I.8)

Le primage mécanique est un phénomène d'emportement de l'eau de chaudière quand celle-ci entre en ébullition trop importante lors d'une baisse brutale de pression par exemple.

Impact énergétique : perte de chaleur qui se fait au niveau de la purge (**Jean-Jacques, 2013**).

Tableau I.8. Salinité et moyen de lutte (**Jean-Jacques, 2013**).

Origine	Quantification	Chiffres types	Moyen de lutte
Ensemble de sels naturellement présents dans l'eau	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$), image de la salinité ($1\mu\text{s}/\text{cm}=0.7\text{mg}/\text{l}$ de sels totaux)	Eau chargée : $1000\mu\text{S}$ Eau classique : $400\mu\text{S}$ Valeur idéale : la plus basse possible	Déminéralisation Osmoseur en amont Purge de déconcentration de la chaudière

1.4.4.5.3. Le fer

Influence majeure : formation de dépôts et de boue à éliminer par une purge « de fond »

Impact énergétique : perte de chaleur qui se fait au niveau de la purge. (Tableau I.9) (**Jean-Jacques, 2013**).

Tableau I.9. Fer et moyen de lutte (**Jean-Jacques, 2013**).

Origine	Quantification	Chiffres types	Moyen de lutte

Contamination par les sols traversés	Volumétrique (ppm)	Valeur cible : <0.5 ppm	Déferisation en amont Purge de désembouage
--------------------------------------	--------------------	-------------------------	---

I.4.4.5.4. La silice :

Influence majeure : dépôts durs qui vitrifient sur les tubes de la chaudière et très difficiles voire impossible à éliminer.

Dans les installations équipées de turbines vapeur, le contrôle du taux de silice permet d'éviter des risques de vitrification sur la turbine. (Tableau I.10) (Jean-Jacques, 2013).

Tableau I.10. Silice et moyen de lutte (Jean-Jacques, 2013)

Origine	Quantification	Chiffre type	Moyen de lutte
Contamination par les sols traversés	Volumétrique (ppm)	Valeur cible < 200 mg/litre de SiO ₂ dans les eaux de chaudière	Purge Déméralisation Osmose

I.4.4.5.5. Gaz dissous (O₂, CO₂) :

Influence majeure :

O₂ : risque de corrosion de la chaudière. Une fois neutralisé chimiquement, il va former un dépôt qui doit être éliminé via une purge.

CO₂ : Risque de corrosion des tuyauteries de retour condensats (formation d'acide carbonique).

Impact énergétique : perte de chaleur par les moyens de lutte mis en œuvre (Tableau I.11) (Jean-Jacques, 2013).

Tableau I.11. Gaz dissous et moyen de lutte (Jean-Jacques, 2013)

Origine	Quantification	Chiffres types	Moyen de lutte
Présents naturellement dans l'eau et diminuant avec la température	Volumétrique (ppm ou ppb)	Valeur cible : 0 ppm Chiffres théoriques : 10 ppm à 15°C 2.3 ppm à 85°C 0 ppm à 100°C	Chimique (via un réducteur d'oxygène) Bâche atmosphérique maintenue à température Dégazeur thermique

1.4.4.5.6. L'acidité

Influence majeure : risques de corrosion existent pour des valeurs de pH situées en deçà de 10 et au-delà de 12 pour l'eau de chaudière.(Tableau I.12) (Jean-Jacques, 2013).

Tableau I.12. Acidité et moyen de lutte (Jean-Jacques, 2013)

Origine	Quantification	Chiffres types	Moyen de lutte
Fonction de l'eau d'appoint et des traitements appliqués	pH	Valeur cible : entre 10 et 12 pour l'eau de chaudière	Traitement chimique (Soude)

II. Présentation de l'entreprise CEVITAL

II.1. Historique

Cevital SPA a été créée avec des fonds privés en 1998 et elle est la première société privée dans l'industrie de raffinage d'huiles brutes sur le marché algérien. Elle a pour actionnaires principaux, Mr ISSAD REBRAB & Fils. Son adresse est fixée au nouveau quai, arrière port de BEJAIA.

Si on suit l'évolution de l'entreprise pour les cinq premières années on trouve que : En

1999 : Entrée en production de la raffinerie d'huile et lancement de la 1ère marque d'huile de table de haute qualité, 100% tournesol "FLEURIAL" ;

2001 : Entrée en production de la margarinerie et lancement de la 1ère marque de margarine de table: "FLEURIAL" ;

2003 : Entrée en production de la raffinerie de sucre (sucre blanc cristallisé aux normes de l'Union Européenne) ; lancement de la margarine de feuilletage "La parisienne", pour les boulangeries pâtisseries ;

Avril 2005 : Lancement de trois nouveaux projets dont deux sur le site de Larbaâ (verre plat ; fabrication industrielle de produits manufacturés en béton), et l'acquisition des eaux minérales Lalla Khadîdja.

2006 : Installation de l'unité de cogénération.

Cevital Agro-Industrie commercialisent des produits qui se vendent aujourd'hui dans plusieurs pays, notamment en Europe, au Maghreb, au Moyen Orient et en Afrique de l'Ouest. Aujourd'hui, Cevital Agro-industrie est le plus grand complexe privé en Algérie. Ses outils de production se répartissent comme suit :

- **Sucre liquide** : capacité de production de 210.000tonnes (équivalent matière sèche)/an.
- **Boissons** : eau minérale, boissons fruitées. L'eau minérale « Lalla Khedidja » avec une capacité de production de 3.000.000 bouteilles/jour, boissons fruitées «TCHINA» d'une capacité de production de 600.000 bouteilles par heure.
- **Conserverie** : de tomates et de confitures avec une capacité de production de 8 t/jour.
- **Silos portuaire** : 182.000 tonnes.
- **Terminal de déchargement portuaire** : 2.000 t/heure, le plus important du bassin Méditerranéen.

II.2. Situation géographique

Le complexe CEVITAL se situe au niveau du nouveau quai du port de Bejaia à 3 km du sud-ouest de cette ville et répartie sur une superficie de 45000 m², à proximité de la route

nationale N° 09(Figure II.1).



Figure II.1 : Situation géographique du complexe CEVITAL.

II.3.Mission et objectif

L'entreprise a pour mission principale de développer la production et d'assurer la qualité et le conditionnement des huiles, des margarines et de sucre ;

- L'extension de ses produits sur tout le territoire national ;
- L'importation de graines oléagineuse pour l'extraction directe des huiles brutes ;
- L'optimisation de ses offres d'emploi sur le marché du travail ;
- L'encouragement des agriculteurs par des financiers pour la production locale de graines oléagineuse ;
- La modernisation de ses installations en termes de machine et technique pour augmenter le volume de sa production ;
- Le positionnement de ses produits sur le marché étranger par leur exportation.

II.4.Principaux pôles de l'entreprise au niveau du site de Bejaia

Le site de Cevital de Bejaia est composé de deux pôles principaux :

- **Le pôle sucre** : Il est composé de la direction de sucre solide et de la direction de sucre liquide, il s'assure la mise en œuvre et le pilotage du processus technique de raffinage du sucre.
- **Le pôle corps gras** : Il est composé de trois sous directions : la direction raffinage d'huile, la direction margarinerie, et la direction conditionnement d'huile. Ce pôle du stockage puis du raffinage de l'huile brute se charge de la mise en œuvre du processus de production. En effet, il veille au respect des paramètres de production de la margarine, de la fabrication des emballages et de la mise en bouteille de l'huile

raffinée. Il fonctionne en continue (24/24) en trois équipes (3x8h).

II.5. Production d'eau de process au niveau de l'entreprise

II.5.1. Source d'alimentation en eau de l'entreprise

Au niveau du CEVITAL, les besoins en eau sont couverts par deux sources principales : une eau obtenue à partir de deux sources :

- ✓ La première source est une eau de forage issue d'un puits artésien situé à Ibouracene, environ 12km du complexe à Oued Ghir (Bejaïa). Cette source est composée de trois puits ouverts. chaque puits possède une pompe à environ 40m de profondeur, ceci envois environ (9000-10000) m³ /jour.
- ✓ La deuxième source situé au niveau de Tichyhaff (Bejaïa) sous forme d'un barrage d'eau qui envoi après traitement un débit environ 4000 m³ /jour (**Manuel du complexe Cevital**).

II.5.2. Besoins en eau de l'entreprise

Au niveau de CEVITAL, l'eau brute utilisée est une eau de forage issue d'un puits artésien situé à IBOURASSEN (BEJAIA). Cette eau subit une déminéralisation au niveau de l'osmose inverse et un traitement thermique et chimique au niveau de la chaufferie et de la cogénération pour une production de la vapeur d'eau et du gaz carbonique. Ces derniers sont utilisés dans les raffineries de sucre, la raffinerie d'huile et la margarinerie (Figure II.2 ; II.3)

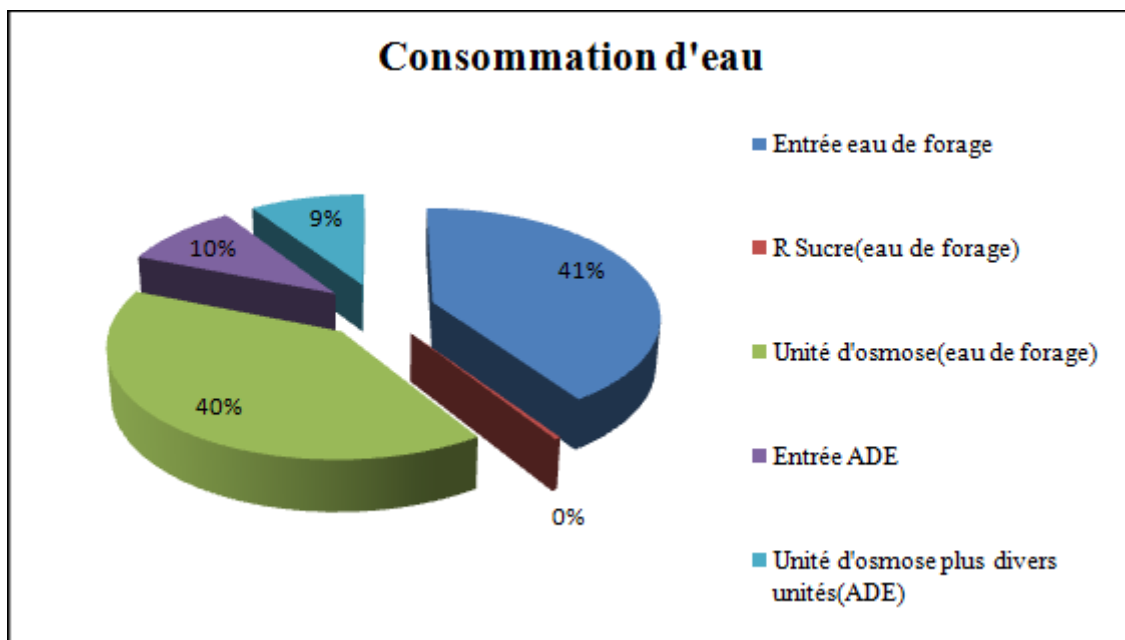


Figure II.2 : Consommation d'eau de forage et d'ADE au niveau de CEVITAL.

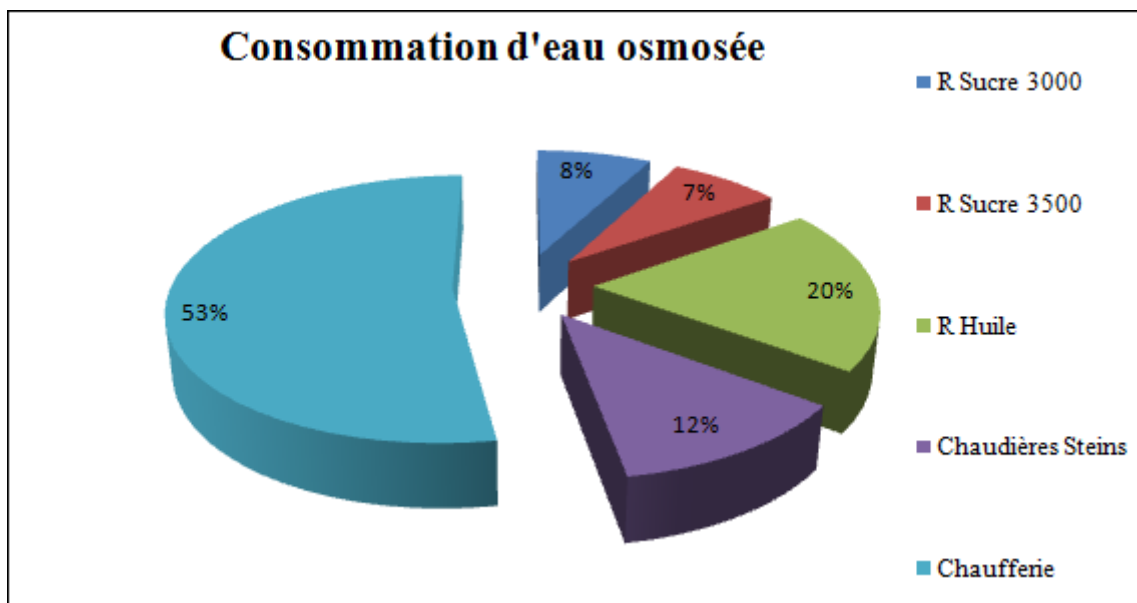


Figure II.3 : Consommation d'eau osmosée au niveau de CEVITAL.

II.5.3.Cycle d'eau dans l'entreprise CEVITAL

Cycle d'eau au niveau de Cevital s'effectue depuis la source (forage, ADE) jusqu'à la production d'une eau ultra pure en passant par la chaîne de traitement (forage + ADE, Osmose, Chaufferie et Cogénération) (Figure II.4).

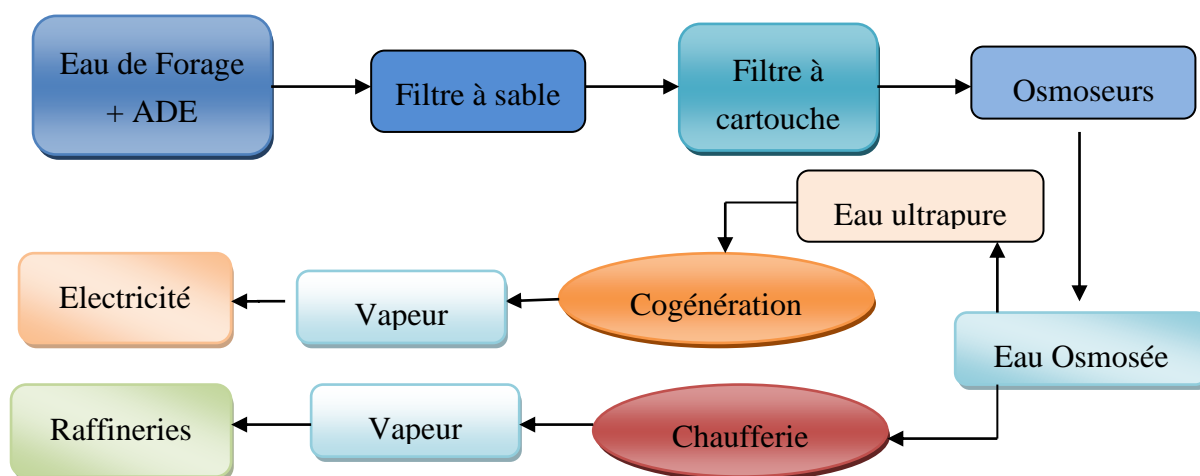


Figure II.4 : Cycle d'eau dans CEVITAL.

II.5.4.Traitement de l'eau avant son utilisation

L'eau de forage extraite au niveau d'Ibourassen est stockée dans des bassins de décantation, une désinfection avec de l'eau de javel est effectué à ce niveau. Cette eau est acheminée vers la raffinerie de Bejaia, où elle est utilisée pour la production de l'eau osmosée par le procédé d'osmose inverse.

II.5.4.1. Osmose inverse

L'osmose est le transfert de solvant à travers une membrane sous l'effet d'un gradient de concentration. Si l'on considère un système à deux compartiments séparés par une membrane semi sélective et contenant deux solutions de concentrations différentes, l'osmose se traduit par un flux d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si l'on applique une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Avec une pression suffisamment forte, le flux d'eau va même s'annuler: cette pression est nommée la pression osmotique. Si l'on dépasse la valeur de la pression osmotique, on observe un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique: c'est le phénomène d'osmose inverse (ALAIN Maurel, 2006).

Au niveau de l'entreprise Cevital, l'unité d'osmose inverse est d'une capacité de production de 400m³/h(Figure II.5).



Figure II.5 : Osmoseur utilisé à CEVITAL.

II.5.4.2. Système d'osmose inverse

Au sein de Cevital, le système d'osmose inverse est composé de quatre lignes (Figure II.6) 100m³/h chacune, l'eau provenant des filtres est envoyée aux modules R₁, R₂, R₃, R₄ par des pompes hautes pression. Le taux de récupération d'eau déminéralisée est de 72%, et 28% d'eau concentrée (décharge). L'eau osmosée est envoyée vers des chaudières.



Figure II.6 : Une des lignes d'osmose inverse au niveau de CEVITAL.

II.5.4.3. Prétraitement

II.5.4.3.1. Groupe de stérilisation et régénération du dioxyde de manganèse : A l'entrée des filtres à sable, de l'hypochlorite de sodium est dosé afin de prévenir toutes proliférations bactériennes. De même, le dosage en continu du chlore permet la régénération du dioxyde de manganèse pour favoriser l'efficacité de filtre à sable et sa durée de vie par réaction catalytique du manganèse soluble après oxydation superficielle du MnO_2 en MnO_4 suivant la réaction :



Pour éliminer le fer, le produit TD-FLOC est dosé. La déferrisation utilise aussi le MnO_2 (pyrolusite) par l'oxydation des ions ferreux pour former de l'hydroxyde de fer (**Manuel du complexe Cevital**).

II.5.4.3.2. Pré-filtration avec des filtres à quartzite : pour éviter l'entassement des filtres à cartouche, dix filtres à sable sont prévus pour retenir toutes les particules en suspension ayant un diamètre supérieur à 40 microns (**Manuel du complexe Cevital**).

II.5.4.3.3. Réservoir d'eau filtrée : l'eau filtrée est stockée dans un réservoir intermédiaire, ce qui rend indépendant la section osmose (**Manuel du complexe Cevital**).

II.5.4.3.4. Groupe de déchloration : Sur la ligne d'alimentation des lignes d'osmose, et avant les filtres à cartouche, du métabisulfite de sodium est dosé pour neutraliser le chlore libre. Ce dernier peut oxyder les parois superficielles des membranes en polyamide. La réaction du métabisulfite de sodium avec le chlore et l'eau est la suivante :



L'avantage du métabisulfite par rapport aux autres techniques (photochimie, filtres à charbon actif...) est qu'il est aussi un réducteur d'oxygène, ce qui ralentit considérablement le développement des germes sur l'osmoseur (**Manuel du complexe Cevital**).

II.5.4.3.5. Groupe de dosage de produit séquestrant: avant les filtres à cartouche, une quantité préétablie de produit séquestrant est dosée dans l'eau d'alimentation pour permettre la dispersion des carbonates de calcium, des sulfates de calcium, des sulfates de baryum...etc. Il retarde ainsi leur précipitation, et de cette manière, les membranes s'entassent moins rapidement et le nombre de CIP (Lavage sur place) diminue (**Manuel du complexe Cevital**).

- CIP : Lorsque la pression d'exercice sur les membranes diminue de 10% pour les mêmes conditions d'exercice, il est nécessaire de laver les membranes avec un produit acide ou basique. Le produit acide est un mélange de : HCL + Eau osmosée (**Manuel du complexe Cevital**).

II.5.4.3.6. Groupe de dosage de produits biocides :

Pour éviter toute prolifération bactérienne et formation de bio film, il est prévu de doser une fois par semaine pendant une demi-heure un produit biocide (**Manuel du complexe Cevital**).

II.5.4.3.7. Filtres à cartouche : Ils sont prévus pour éliminer toutes les particules ayant un diamètre inférieur à 5 microns (**Manuel du complexe Cevital**).



Figure II.7 : Filtre à cartouche.

II.5.4.3.8. Contre lavage : il permet de prévenir l'excessive perte de pression causée par les particules retenues dans les filtres. Le contre lavage s'effectue avec de l'eau filtrée et le

lavage final avec de l'eau brute (**Manuel du complexe Cevital**).

II.5.4.2.Eau ultrapure

Une définition théorique de l'eau ultrapure pourrait être celle d'une «eau» ne contenant que des molécules H₂O, en équilibre avec des ions H⁺ et OH⁻ en très faibles teneurs (10⁻⁷mol/l à 25 °C) lui assurant une neutralité (pH=7).

Dans la pratique, on appelle généralement « eau ultrapure », une eau contenant moins de 1µg/kg (ppb) d'impuretés ioniques ainsi qu'un très faible taux de particules et contaminants Microbiens (**Sadler, 1993**).

II.5.4.2.1.Production de l'eau ultrapure au niveau de CEVITAL

L'eau ultra pure est produite par la station de traitement d'eau à partir de l'eau osmosée produite. Elle est acheminée vers un bac de stockage de 300 m³ qui sert d'appoint à la bache alimentaire (**Manuel du complexe Cevital**).

L'entreprise Cevital utilise de l'eau ultrapure dans les circuits de refroidissements et dans les chaudières pour produire de la vapeur spécifiquement au sein des chaudières STEIN.

II.5.4.3. Chaufferie

Les chaudières à vapeur sont des échangeurs à chaleur destinés à produire de la vapeur à une pression et une température déterminée en fonction de son usage. Elles sont en générales alimentées en eau osmosée préalablement traitée ;et en combustibles(tels que le fuel, le gaz ou le charbon). En brûlant ces combustibles, la chaleur produite est transférée à l'eau (**Manuel du complexe Cevital**).

II.5.4.3.1.Constitution de la chaufferie

➤Echangeur de chaleur :

Une partie de l'eau alimentant la bache passe par un échangeur thermique à plaque qui permet d'élever la température de cette eau à 45°C (**Manuel du complexe Cevital**).

➤Bâche alimentaire :

La bache alimentaire est un réservoir d'eau de 50m³ qui sert à équilibrer le débit d'eau et permet de préparer l'eau de la chaudière. Elle est située au minimum à 2 mètres au dessus des chaudières. La bache est alimentée en eau déminéralisée en passant par un dégazeur thermique et sera préchauffée par la vapeur collectée sur le réseau. Le traitement thermique permet de laisser la bache de dégazage sous une pression de 0,25 bar ce qui nous assure une température de 105°C (**Manuel du complexe Cevital**).

➤Dégazeur thermique :

Le dégazeur thermique est conçu pour enlever à l'eau d'appoint l'oxygène et le gaz carbonique qu'elle contient. L'élimination physique des gaz est réalisée par un brassage et

une ébullition importante. Dans la tête du dégazeur, l'eau est pulvérisée en un maximum de gouttelettes et en entourant celles-ci d'une atmosphère de vapeur, cela donne un rapport surface/masse suffisamment important pour permettre un transfert thermique rapide vers l'eau qui atteint rapidement la température de saturation. De cette façon, les gaz dissous sont libérés et entraînés vers l'atmosphère (**Manuel du complexe Cevital**).

➤ **Post-traitement de l'eau alimentaire :**

Pour éviter la corrosion, les traces d'oxygène encore présentes après le dégazage (0,02mg/l) sont éliminées par l'ajout du sulfite de sodium ou le NALCO77216.

Pour alcaliniser le milieu à un pH avoisinant 9, du phosphate trisodique ou NALCO77225 est dosé (**Manuel du complexe Cevital**).

➤ **L'économiseur :**

Les gaz d'échappement des chaudières contiennent une énergie considérable à un niveau de température élevé ; l'économiseur utilise cette énergie en préchauffant l'eau d'alimentation et augmentant ainsi la performance des chaudières de 5 à 7% et en consommant moins d'énergie (**Manuel du complexe Cevital**).

➤ **Chaudière à vapeur :**

La chaufferie est composée de quatre chaudières de marque LOOS d'une capacité de 40 tonne/heure chacune à une pression de service de 14 bars. Chaque chaudière est équipée de deux brûleurs utilisant comme combustible le gaz naturel. Les chaudières sont du type « à tube de fumée », les gaz circulent à l'intérieur des tubes entourés par l'eau de la chaudière. Chaque chaudière est équipée de :

• **Brûleurs :**

Le brûleur a pour rôle de créer un mélange air – gaz aussi homogène que possible et dans les proportions exigées pour avoir un rendement thermique meilleur.

• **Instruments de contrôle de niveau :**

Le contrôle de niveau agit directement sur l'arrivée de combustible afin de l'arrêter au cas où l'eau atteindrait un niveau critique au dessus des surfaces de chauffes, en cas d'arrêt d'alimentation en eau.

• **Pot d'éclatement :**

La réglementation interdit de jeter de l'eau à une température élevée dans les égouts. Le rôle du pot est de refroidir l'eau des purges grâce à un serpentín d'eau froide.

• **Les purges :**

Les purges permettent de maintenir en permanence la teneur en sel de l'eau de la chaudière

dans les limites admissibles. On distingue deux types de purges : les purges de surfaces et les purges de fond (**Manuel du complexe Cevital**).

II.5.5.Présentation du circuit de chaudière de l'entreprise

II.5.5.1.Chaudière LOOS

Ce sont des chaudières à tube de fumée. L'eau osmosée traitée préalablement dans l'unité d'osmose inverse est envoyée vers l'unité de la chaufferie via des pompes de capacité de 200 m³ / h à une température de 19 à 30°C (Figure II.8)

Une partie de l'eau est préchauffée à 45°C par un échangeur thermique qui récupère l'énergie calorifique des purges des chaudières.

L'eau est ensuite envoyée vers la bache alimentaire via un dégazeur thermique pour éliminer l'oxygène et le gaz carbonique qu'elle renferme.

Les teneurs résiduelles subsistant dans l'eau sont liées par l'injection dans la bache de sulfite de sodium ou de NALCO77216. Pour alcaliniser le milieu, du phosphate trisodique ou du NALCO77225 est dosé.

Huit pompes alimentaires dont quatre travaillent en stand-by envoient l'eau de la bache vers les quatre chaudières. Un économiseur surchauffe l'eau à 130°C en récupérant la fumée dégagée par les brûleurs avant de l'injecter dans le foyer de la chaudière.

La flamme du brûleur se développe dans le tube foyer de la chaudière ; les tubes de fumée étant immergés dans l'eau de chaudière, les gaz cèdent une grande partie de leur chaleur à l'eau et à la vapeur.

L'eau transformée en vapeur est acheminée dans les conduites de départ vapeur. La vapeur est collectée dans un collecteur de vapeur et acheminée vers les deux raffineries sucre et huile.

Les gaz carboniques dégagés sont acheminés vers la section de carbonatation de la raffinerie sucre (**Manuel du complexe Cevital**).

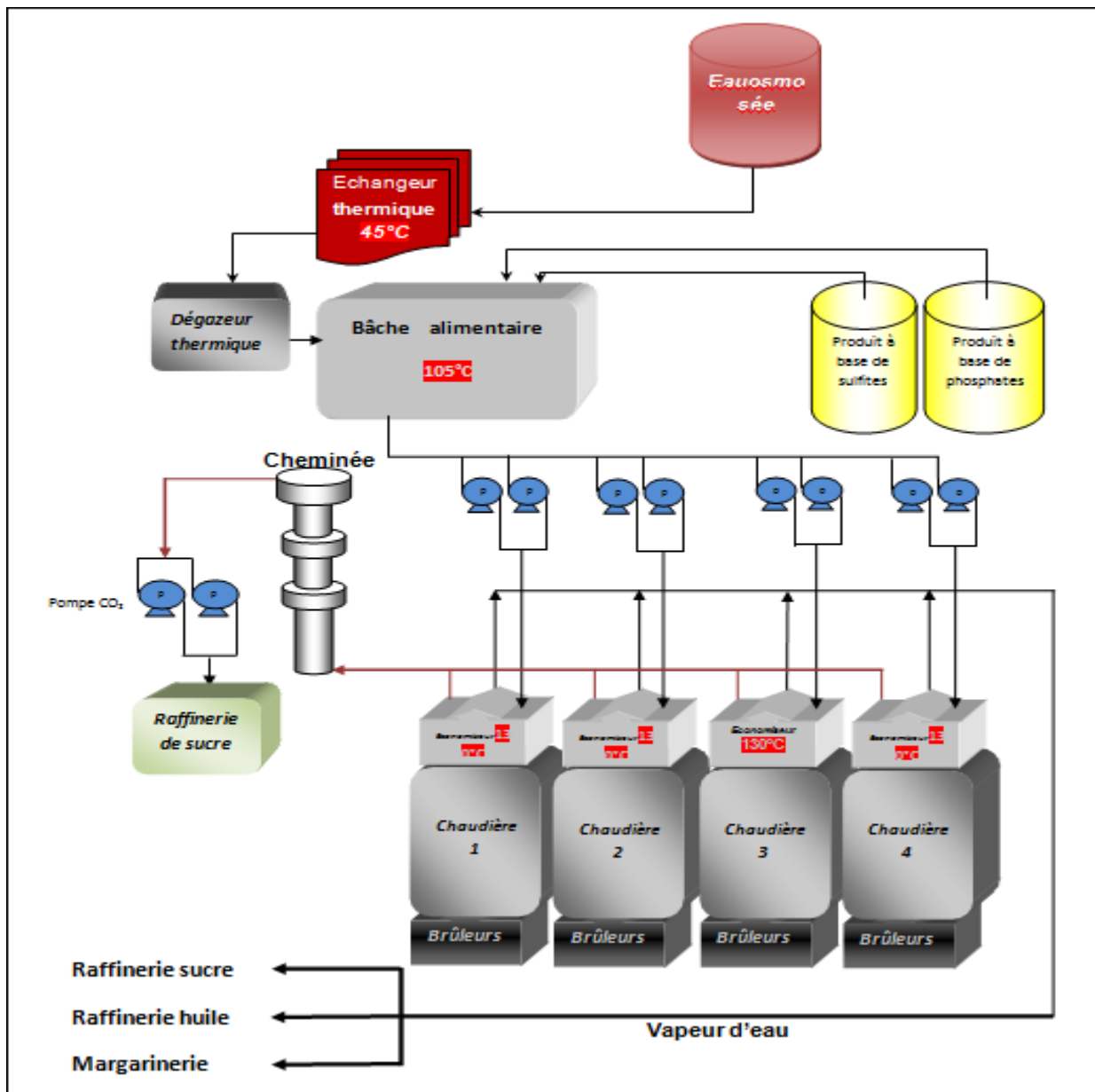


Figure II.8 : Schéma de la chaufferie (Manuel du complexe Cevital).

II.5.5.2. Chaudière STEIN

Ce sont des générateurs à « tubes d'eau », à simple ballon et à circulation naturelle. Elles sont du type compact en ligne, à chambre de rayonnement horizontales et équipées de deux brûleurs installés en façade avant la chaudière (brûleur BAS NOX gaz naturel). Ces chaudières ont des capacités d'alimentations en eau ultra pure de 15 m³/h (7.5 m³/h pour chaque chaudière), et destinées à produire chacune en marche nominale 150 t/h de vapeur surchauffée à une pression de 54 bars et une température de 480°C (Figure II.9)

Les faisceaux évaporateurs sont constitués de harpes disposées verticalement dans un carneau horizontal situé dans le prolongement de la chambre de combustion.

Chaque générateur est équipé d'un surchauffeur pendulaire à deux étages ; un étage haute température (SHT) et un étage à basse température (SBT) disposés verticalement en amont des faisceaux évaporateurs.

La désurchauffe est obtenue par injection d'eau d'alimentation entre les deux étages de surchauffe.

Chaque chaudière est équipée d'un ballon vapeur qui sert de réservoir pour la vapeur provenant de l'économiseur et de la chambre de combustion. Au niveau de ce ballon sont dosés :

- Des produits pour la désoxygénation à base de DEHA (DiethylHydroxylAmine) ;
- Des produits à base d'amine pour la protection des circuits de vapeur et condensat ;
- Des produits polymériques dispersants et des mélanges de phosphates pour l'effet tampon du pH, indiqué pour l'eau d'alimentation ultra pure.

Chaque chaudière est équipée d'un économiseur installé à l'arrière (à la sortie des faisceaux évaporateur) et entièrement indépendant. Une cheminée commune aux deux chaudières est installée à l'arrière de ces dernières (**Manuel du complexe Cevital**).

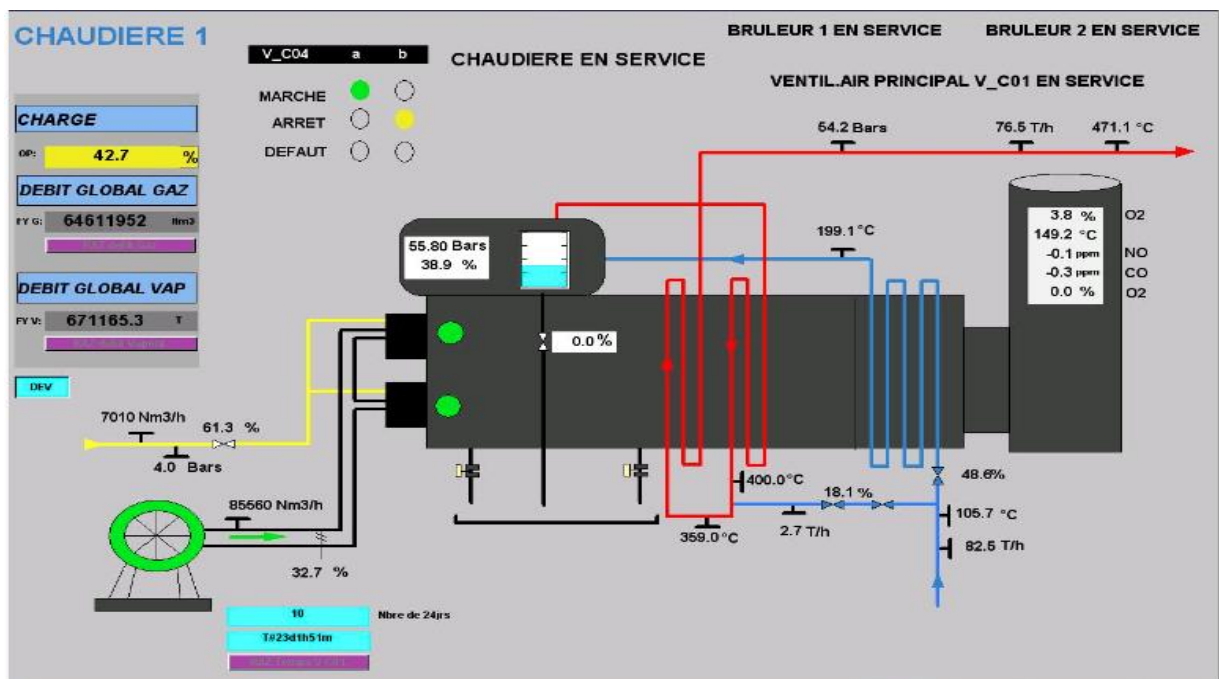


Figure II.9 : Schéma illustre l'entrée de l'eau ultrapure dans une chaudière au niveau de Cevital.

Les bouteilles d'échantillonnage ont été rincées plusieurs fois avec l'eau à prélever, afin d'éviter la dissolution ou l'évaporation de gaz. On laisse déborder légèrement, puis on bouche le contenant plein à ras bord (**Maurel, 2006**). Les prélèvements ont été effectués au seuil des circuits de l'eau (forage, osmose, ADE, chaudières et sur l'eau ultra pure).

III.1. Méthodes électrochimiques

III.1.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)

➤ Principe

C'est la mesure de la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ (**Hunter, Rey et Scott, 1980**). Les mesures de pH ont été effectuées à l'aide d'un pH-mètre HACH-HQ40d.

➤ Matériels

- pH-mètre HACH HQ40d muni d'une électrode de mesure de pH.
- Becher.

➤ Mode opératoire du pH-mètre

- Etalonner le pH-mètre avec deux solutions étalons de pH 7 et 10 ou 4 et 7 (selon la gamme de mesure à réaliser).
- Prendre un bécher avec l'eau à analyser.
- Plonger l'électrode du pH-mètre dans l'échantillon.
- Après stabilisation, lire le résultat.

III.1.2. La conductivité

➤ Principe

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métallique de 1cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm (**Desjardins, 1997**).

➤ Matériels

- Conductimètre HACH HQ40d muni d'une cellule conductimétrique.
- Bécher.

➤ Mode opératoire

Après avoir étalonné le conductimètre :

- Plonger la cellule de l'appareil préalablement rincée dans un bécher avec l'eau à analyser.
- Secouer la cellule légèrement afin d'éliminer les bulles d'air.
- Attendre quelques secondes et mesurer.

➤ Expression des résultats

La conductivité est exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

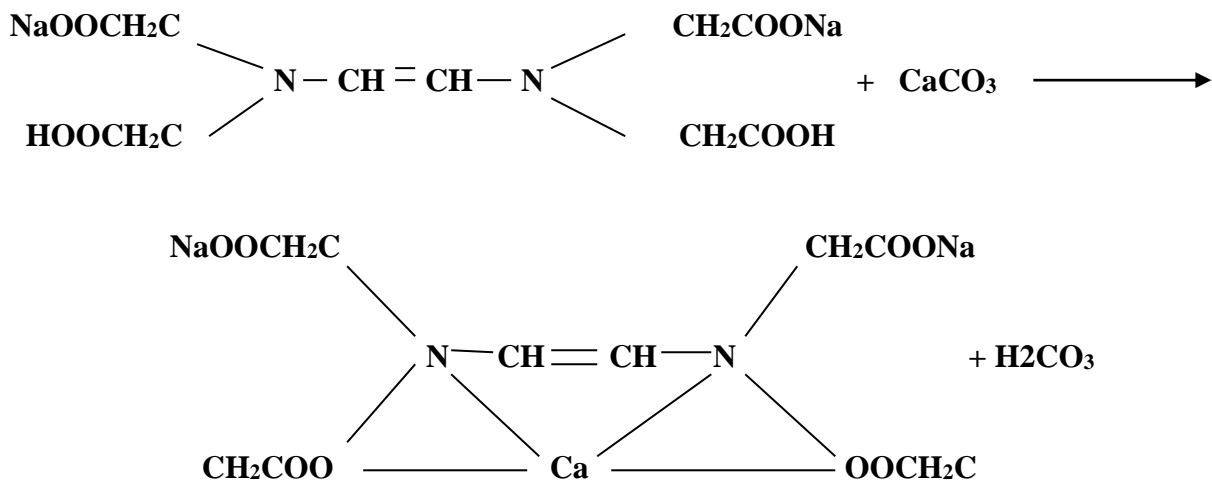
III.2. Méthodes Titrimétriques

III.2.1. Le titre hydrotimétrique total (dureté total)

➤ Principe

Les alcalinoterreux présents dans l'eau (Mg^{2+} et Ca^{2+}) sont amenés à former un complexe par le sel disodique de l'acide éthylènediaminetétraacétique à $\text{pH} = 10$. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium (Desjardins, 1997).

➤ Réactions chimiques



➤ Matériels

- Erlenmeyer 250 ml.
- Becher.
- Burette graduée de 10 ml.

➤ Réactifs

- EDTA (0.02 N).
- Solution tampon ammoniacal $\text{pH}=10$.
- Noir Eriochrome T (NET) indicateur coloré.

➤ Mode opératoire

- Prendre 100 ml de l'eau à analyser dans un Erlenmeyer.
- Ajouter 8 gouttes de la solution Tampon Ammoniacal (qui sert à stabiliser le Ph durant le titrage).

- Ajouter Pincée de l'indicateur Coloré N.E.T. (Noir Eriochrome T) et mélanger.
- Si une coloration bleu apparait, le TH est nul ($TH = 0^{\circ}F$).
- Si une coloration violette apparait (présence d'ions de Ca^{2+} et Mg^{2+}) ; titrer le mélange avec une liqueur hydrométrique d'EDTA à 0,02N jusqu'au virage de la coloration violette vers le bleu vert.

Le schéma du dosage de la dureté totale est représenté par la figure III.1

➤ **Expression des résultats**

Le calcul du TH total :

$$TH \text{ total } (^{\circ}f) = V \text{ ml}$$

* TH total : Titre hydrotimétrique total.

* $^{\circ}f$: Degrés français ($1^{\circ}f = 10 \text{ mg/l de } CaCo_3$).

* V : Volume, chute de la burette.

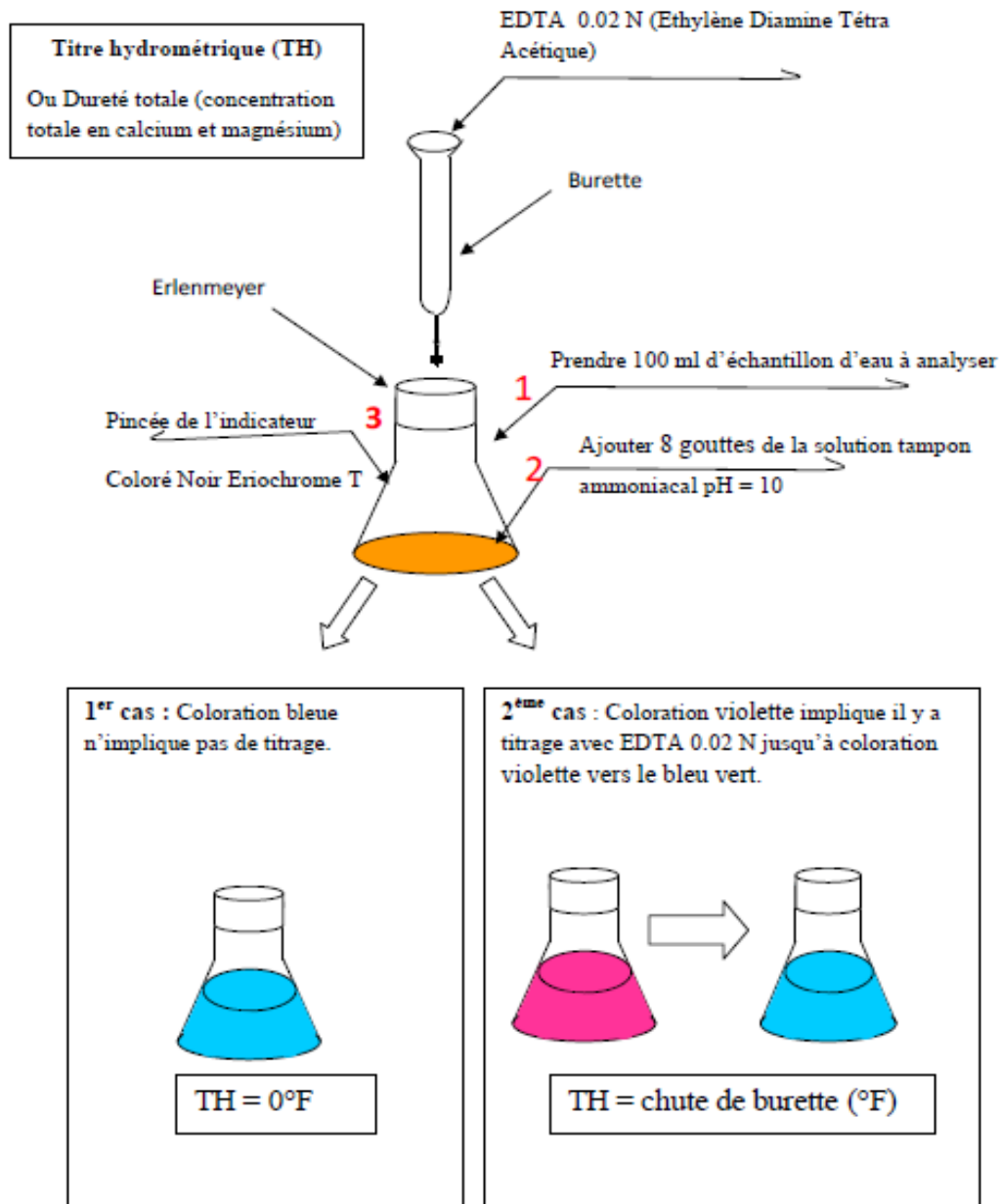


Figure III.1. Dosage de la dureté totale.

III.2.2. Le titre hydrotimétrique calcique (TH Ca²⁺)

➤ Principe

Pour le dosage du calcium, on procède de la même manière que pour le titre hydrotimétrique total en changeant uniquement l'indicateur coloré (N.E.T) par du murexide. Le pH est porté à 12-13 par addition de soude pour faire précipiter les ions Mg²⁺ sous formes d'hydroxydes (Rodier, 1996).

➤ Matériels

- Erlenmeyer 250 ml.
- Becher.

- Burette graduée de 10 ml.

➤ **Réactifs**

- EDTA (0.02 N).

- Solution de soude caustique à 5N.

- Murexide.

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 100 ml de l'eau à analyser dans un Erlenmeyer.

- Ajouter 25 gouttes de NaOH à 5N (soude), en remuant délicatement.

- Ajouter une pincée de Murexide et mélanger.

- Une coloration rose doit alors se développer.

- titrer alors avec la solution d'EDTA à 0,02N jusqu'au virage du rose au violet.

Le schéma du dosage de la dureté calcique est représenté par la figure III.2.

➤ **Expression des résultats**

Le calcul du TH Ca⁺⁺ :

$$\text{TH Ca}^{++} (\text{°f}) = V \text{ ml}$$

* TH Ca⁺⁺ : Titre hydrométrique calcique.

* °f : Degrés français (1°f = 10 mg/l de CaCo₃).

* V : Chute de la burette en ml

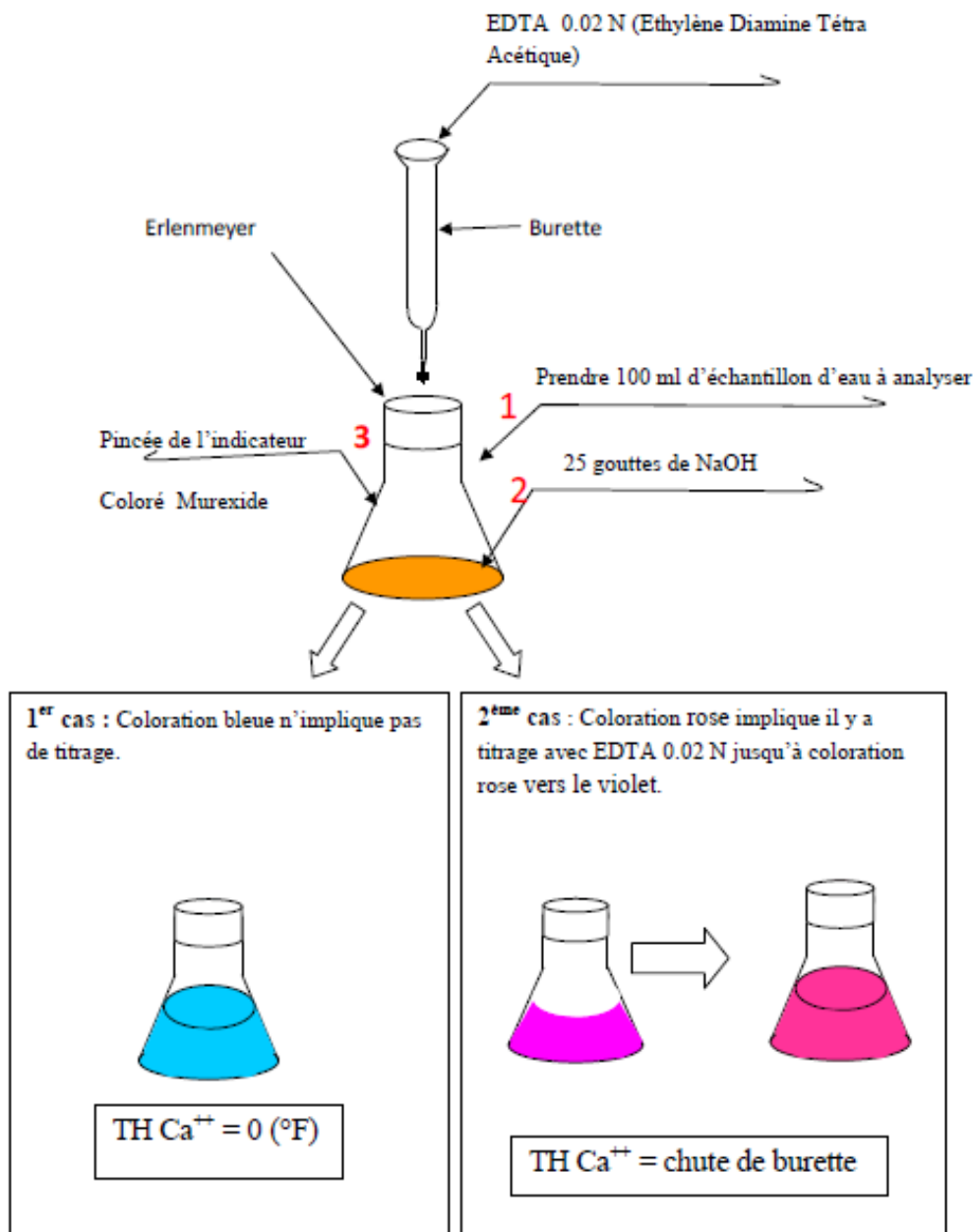


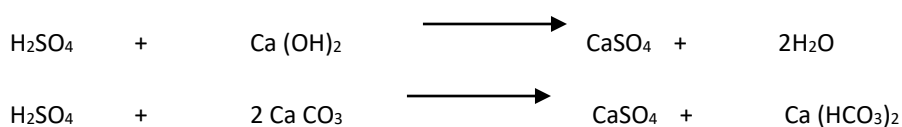
Figure III.2. Dosage de la dureté calcique.

III.2.3. Le titre alcalimétrique (TA)

➤ **Principe**

Détermination du volume d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser au niveau de pH 8.3, le volume d'eau à analyser (Rodier, 1996).

➤ **Réaction chimique**



➤ **Matériels**

- Erlenmeyer 250 ml.
- Bécher.
- Burette graduée de 10 ml.

➤ **Réactifs**

- Acide sulfurique (0.02 N).
- Phénolphtaléine.

➤ **Mode opératoire**

Prélever 100ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer. Ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de phénolphtaléine. Une coloration rose doit alors se développer. Dans le cas contraire le TA est nul, ($\text{pH} < 8,3$) verser ensuite doucement l'acide dans l'erlenmeyer à l'aide d'une burette, en agitant constamment, et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution ($\text{pH}=8,3$).

Le schéma du dosage alcalimétrique est représenté par la figure III.3.

➤ **Expression des résultats**

Le calcul du TA :

$$\text{TA (}^\circ\text{f)} = V \text{ ml}$$

- * TA : Titre alcalimétrique.
- * °f : Degrés français ($1^\circ\text{f} = 10\text{mg/l de CaCo}_3$).
- * V : Volume de la chute de la burette en ml.

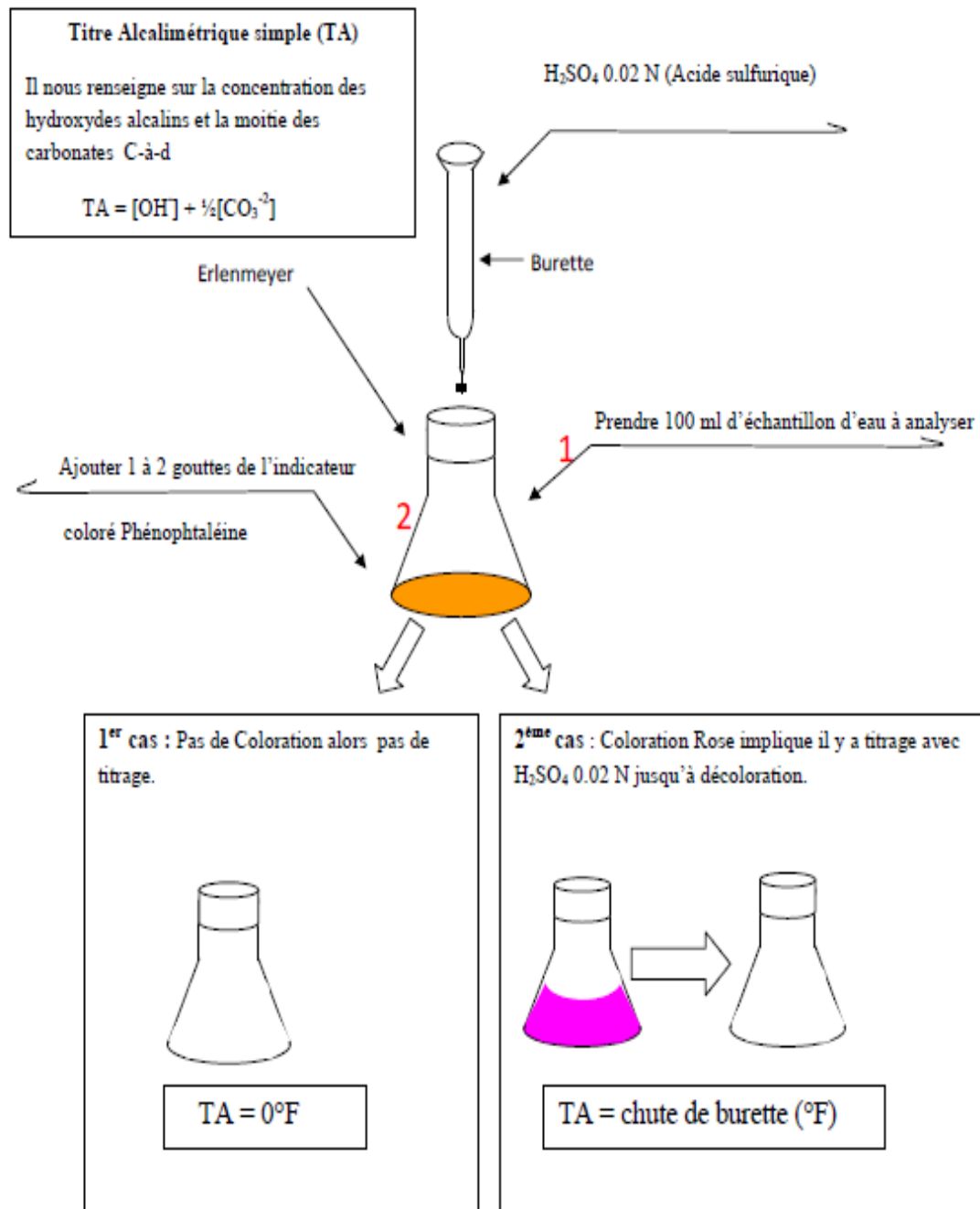


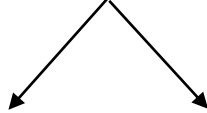
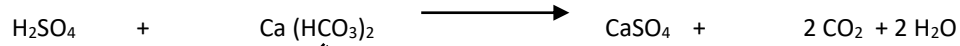
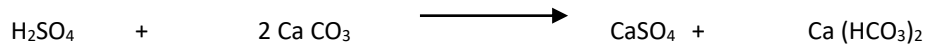
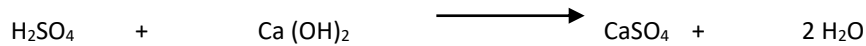
Figure III.3. Dosage alcalimétrique.

III.2.4. Le titre alcalimétrique complet (TAC)

➤ Principe

Détermination du volume d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser au niveau de pH 8.3, le volume d'eau à analyser (Rodier, 1996).

➤ **Réactions chimiques du TAC**



Ca (HCO₃)₂ déjà existant

Ca (HCO₃)₂ formé dans la 2^{ème} réaction

➤ **Matériels**

- Erlenmeyer 250 ml.
- Becher.
- Burette graduée de 10 ml.

➤ **Réactifs**

- Acide sulfurique (0.02 N).
- Méthyle orange.

➤ **Mode opératoire**

- Prendre le même échantillon pour l'analyse du TA et ajouter 2 gouttes d'Hélianthine ou du Méthyle Orange.
- Une coloration jaune doit apparaître.
- Titrer avec le même acide (H₂SO₄) jusqu'au virage de la coloration jaune vers l'orange.

Le schéma du dosage alcalimétrique complet est représenté par la figure III.4.

➤ **Expression des résultats**

Le calcul du TAC

$$\text{TAC } ^\circ\text{f} = (\text{V}'' - 0,1) \text{ ml}$$

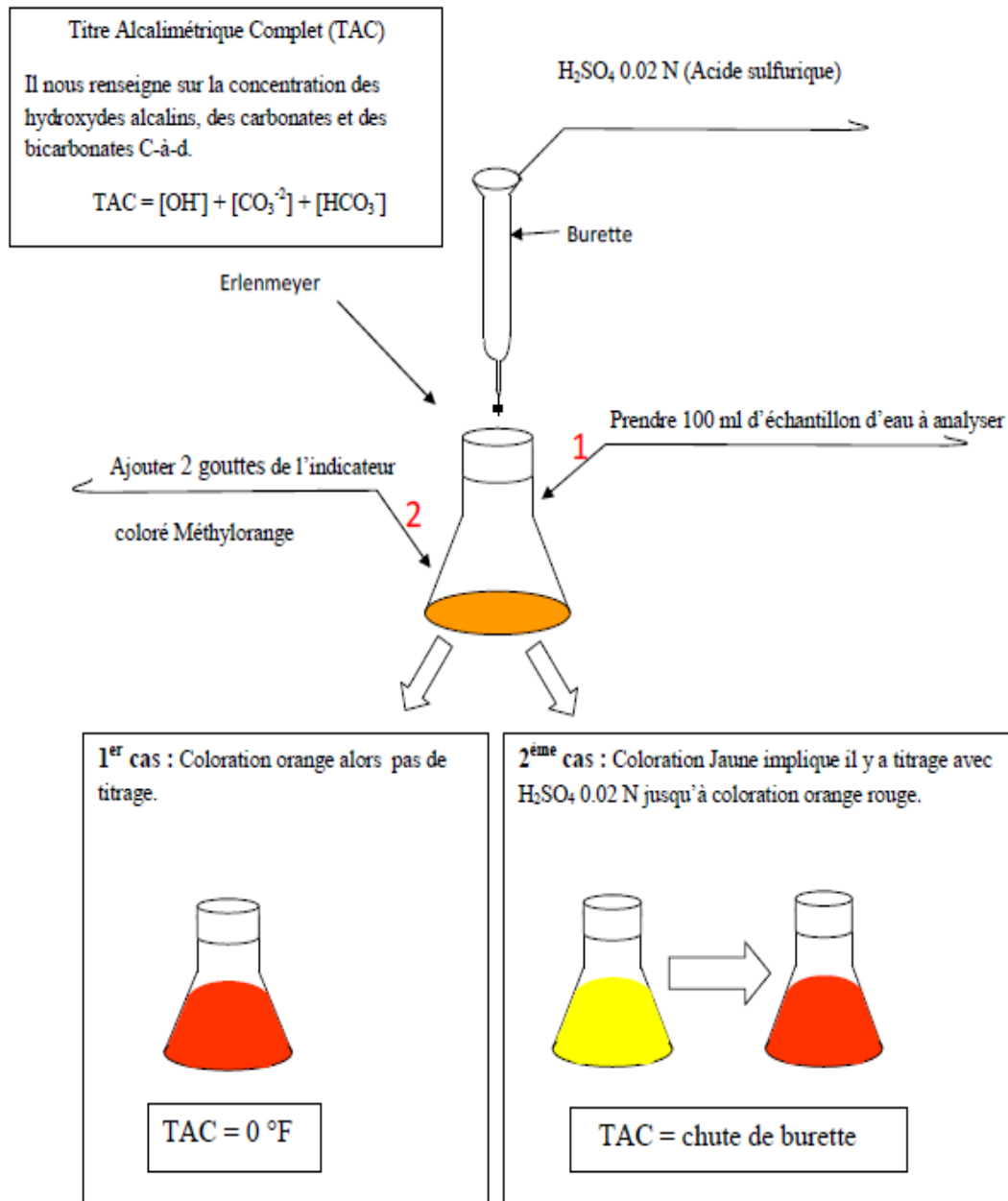


Figure III.4. Dosage alcalimétrique complet.

III.2.5. Dosage des chlorures par la méthode de « MOHR »

Cette méthode de dosage est pour l'analyse de la teneur en chlorure (Cl⁻) dans l'eau.

- La teneur en chlorures doit être comprise entre 5 et 150 mg/l. En dehors de cet intervalle, la méthode conduit à des résultats erronés.

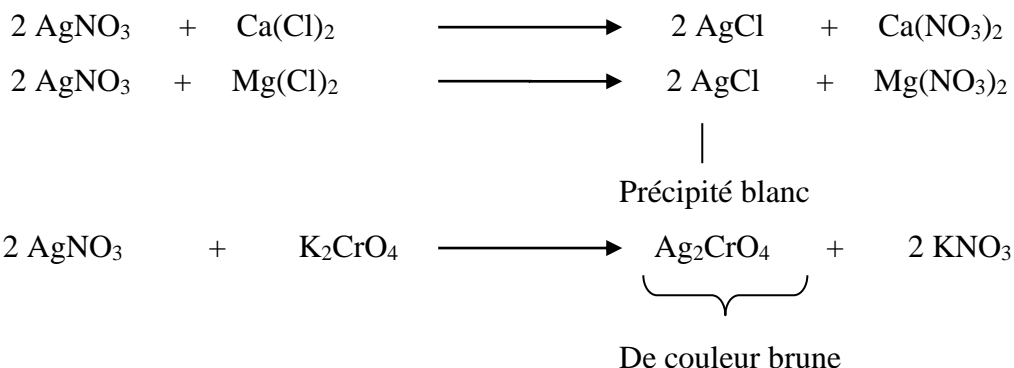
- Le pH doit être compris entre 5 et 9 (pour éviter les transformations des ions Ag⁺ et CrO₄²⁻, ce qui rendrait le dosage impossible) (Rodier, 1996).

➤ Principe

Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former des chlorures d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition de petit excès d'ions d'argent et formation de

chromate d'argent (Ag_2CrO_4) brun rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage (**Rodier, 1996**).

➤ **Réactions chimiques des chlorures**



➤ **Matériels**

- Erlenmeyer 250 ml.
- Fiole de 100 ml.
- Burette graduée de 10 ml.

➤ **Réactifs**

- Nitrate d'argent AgNO_3 (0.02N).
- Chromate de potassium.

➤ **Mode opératoire**

- Dans un erlenmeyer, prendre un échantillon de 100 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 5 gouttes de Chromate de Potassium (Indicateur coloré).

Une coloration jaune doit alors apparaître.

Titrer avec la solution AgNO_3 à 0,02N (Le nitrate d'argent précipite les chlorures alcalins et alcalino-terreux sous forme de chlorures d'argent) et agiter délicatement le soluté jusqu'à disparition de la coloration jaune citron.

Le schéma du dosage des chlorures est représenté par la figure III.5.

➤ **Expression des résultats**

Le calcul des chlorures :

$$\text{Cl}^- \text{ } ^\circ\text{F} = \text{V ml}$$

V : chute de burette.

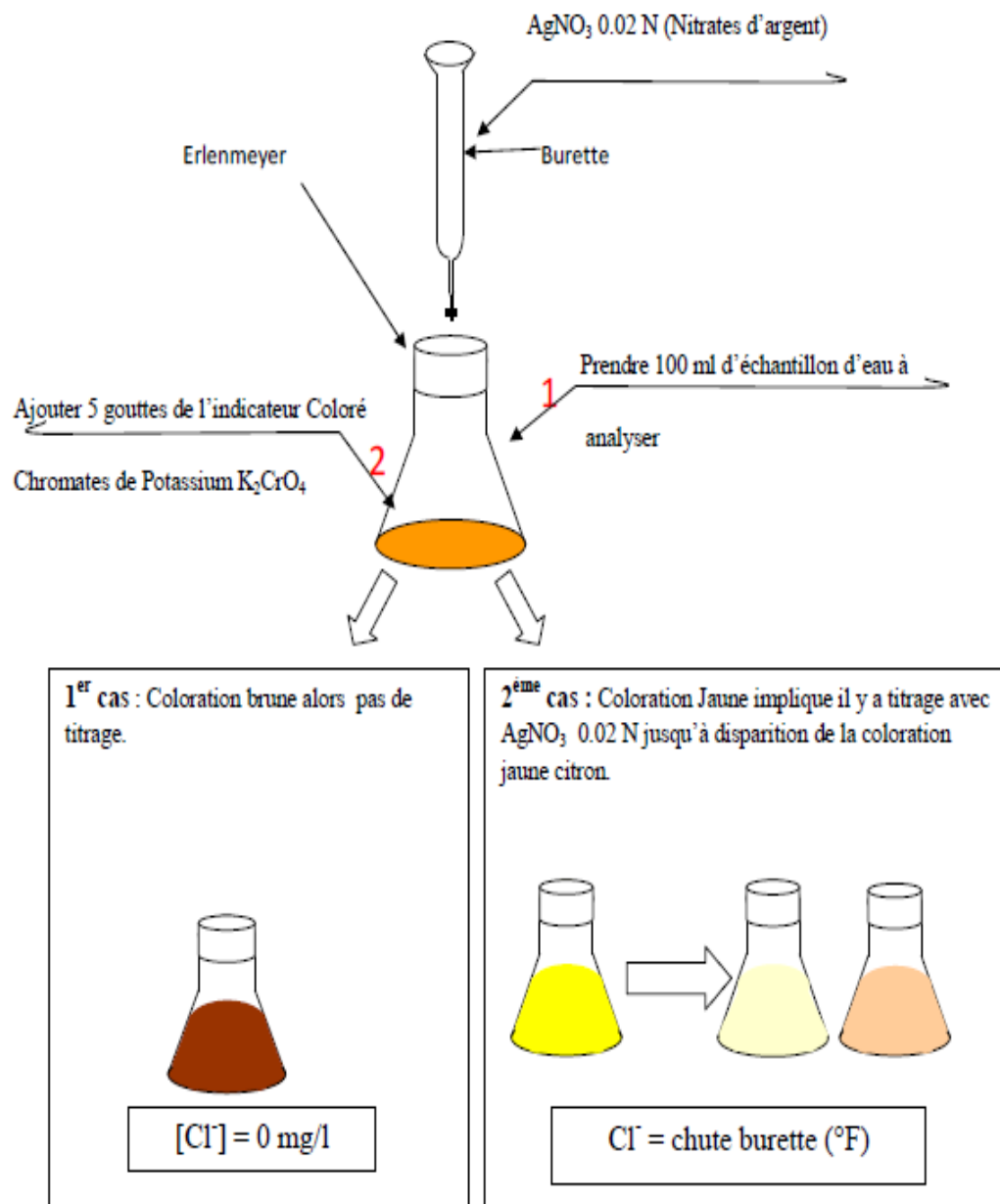


Figure III.5. Dosage des chlorures.

III.3. Méthodes spectrophotométriques

Au niveau du laboratoire des eaux, les analyses ont été effectuées à l'aide du spectrophotomètre NANOCOLOR ® UV/VIS (Figure III.6), qui est un appareil très performant, rapide et compact pour l'analyse. Il permet l'évaluation des tests en cuve ronde ou rectangulaire NANOCOLOR ®. Son écran tactile HD et le guidage par menus intuitifs assurent l'exécution aisée et rapide des tâches, et en font le spectrophotomètre idéal pour toutes les analyses d'eau en laboratoire (Atlantic labo, 2015).



Figure III.6. L'appareil NANOCOLOR ® UV/VIS. (collection personnel)

Les méthodes d'analyses spectrales sont appliquées pour déterminer la concentration des minéraux ci-dessous :

III.3.1. Les sulfite

➤ Principe

Les sulfites réagissent avec un dérivé de l'acide thiodibenzoïque pour former un complexe de couleur jaune mesurable par photométrie. Cette procédure est spécifique aux sulfites (**Rodier, 1996**).

➤ Matériels

- Cuve ronde NANOCOLOR.
- pipette 1 ml et 4 ml.
- Spectrophotomètre NANOCOLOR UV/VIS.

➤ Réactifs

- Réactif R2 NANOCOLOR

➤ Mode opératoire

Dans une cuve ronde, ajouter 04 ml de l'échantillon à analyser et 0.2 ml de R2. Fermer, mélanger et mesurer après 5 mn.

Le blanc est préparé avec 04 ml d'eau distillée et 0.2 ml de R2.

III.3.2. Le fer

➤ Principe

Le fer(II) réagit avec un dérivé de la triazine pour donner un complexe violet. La capsule NANOFIX sert pour la réduction de Fe(III) en Fe(II) et pour l'ajustage du pH (Rodier, 1996).

➤ **Matériels**

- Cuve ronde NANOCOLOR.
- pipette 5 ml.
- Spectrophotomètre NANOCOLOR UV/VIS.

➤ **Réactifs**

- Réactifs 2 NANOCOLOR.

➤ **Mode opératoire**

Dans une cuve ronde, ajouter 4ml de l'échantillon à analyser et un NANOFIX R2 (fermer le tube de NANOFIX immédiatement après l'addition de R2) et mesurer après 10 mn. Le blanc est préparé avec 04 ml d'eau distillée et un NANOFIX R2. La lecture se fait à une longueur d'onde de 540 nm.

R2 : est un kit chimique pour le dosage du fer.

III.3.3. La Silice

➤ **Principe**

La silice dissoute et les silicates réagissent en milieu acide avec le molybdate d'ammonium pour former de l'acide silicomolybdique jaune. Ce dernier sera réduit en un composé bleu par addition d'un réducteur (Rodier, 1996).

➤ **Matériels**

- Cuve rectangulaire 5cm NANOCOLOR.
- Pipette 1 ml, 20ml.
- Fiole de 25 ml.
- Spectrophotomètre NANOCOLOR UV/VIS.

➤ **Réactifs**

- Réactifs 1, 2 et 3 NANOCOLOR UV/VIS.

➤ **Mode opératoire**

Introduire respectivement dans une fiole de 25 ml :

- 20 ml d'échantillon à analyser.
- 1 ml de R1, mélanger et attendre 3 mn.
- 1 ml de R2, mélanger et attendre 1 mn.
- 1 ml de R3.

Ajuster à 25 ml avec de l'eau distillée et mesurer après 15 mn après avoir transvaser dans des cuves rectangulaires. La lecture se fait à une longueur d'onde de 690 nm.

R1, R2 et R3 : sont des kits chimiques pour le dosage de la silice.

III.3.4. Les orthophosphates

➤ **Principe**

Les ions orthophosphates réagissent avec le molybdate d'ammonium pour donner de l'acide phosphomolybdique. Celui-ci sera réduit en bleu de molybdène (**Rodier, 1996**).

➤ **Matériels**

- Cuve ronde NANOCOLOR.
- pipette 1 ml.
- Spectrophotomètre NANOCOLORUV/VIS.

➤ **Réactifs**

- Réactifs 3 et 4 NANOCOLOR;

➤ **Mode opératoire**

Après filtration de l'échantillon, ajouter dans une cuve ronde 0.5ml de l'échantillon à analyser et un NANOFIXphosphate total R3, puis 0.2 ml de phosphate total R4.

Fermer, mélanger, nettoyer et mesurer après 10 mn.

La lecture se fait à une longueur d'onde de 690 nm

III.3.5. Phosphate total

➤ **Principe**

Les polyphosphates se transforment en orthophosphates après chauffage à 100°C pendant 60 minutes ou 120°C pendant 30 minutes. Les ions orthophosphates réagissent avec le molybdate d'ammonium pour donner de l'acide phosphomolybdique. Celui-ci sera réduit en bleu de molybdène (**Rodier, 1996**).

➤ **Matériels**

- Cuve ronde NANOCOLOR.
- pipette 1 ml.
- Spectrophotomètre NANOCOLOR UV/VIS.

➤ **Réactifs**

- Réactifs 2,3 et 4 NANOCOLOR.

➤ **Mode opératoire**

Dans une cuve ronde, ajouter 0.5 ml de l'échantillon à analyser et un NANOFIX phosphate total R2. Mélanger, et placer dans un bloc chauffant à 100°C pendant une heure.

Sortir la cuve du bloc chauffant et laisser refroidir à température ambiante. Ajouter un NANOFIXphosphate total R3 puis 0.2 ml de phosphate total R4. Fermer, mélanger, nettoyer et

mesurer après 10 mn. La lecture se fait à une longueur d'onde de 690 nm.

III.3.6. Carbone organique total

➤ Principe

Elimination du carbone inorganique par agitation, décomposition oxydative du carbone organique en dioxyde de carbone et détermination à l'aide d'un indicateur coloré (**Rodier, 1996**).

➤ Matériels

- Cuve ronde NANOCOLOR.
- pipette 1 ml et 5ml.
- agitateur magnétique.
- bloc chauffant.
- Spectrophotomètre NANOCOLOR UV/VIS.

➤ Réactifs

- Réactifs 1,2, NANOCOLOR.

➤ Mode opératoire

- Dans une cuve ronde ajouter 10ml de l'échantillon à analyser.
- ajouter 0.5ml de R1.
- mettre sous agitation pendant 10 minutes (pour éliminer le carbone inorganique CO_2).
- prendre 4ml de l'échantillon débarrassé du CO_2 .
- .ajouter une cuillère de R2.
- mettre au bloc chauffant pendant 2h à 120°C (à l'envers).
- laisser refroidir à l'air ambiant et faire la lecture.

R1, R2 : sont des kits chimiques pour le dosage du carbone organique totale.

III.3.7. DEHA

➤ Principe

Détermination photométrique des ions Fe^{2+} obtenu par réduction des ions Fe^{3+} avec la diethylhydroxylamine (DEHA) après chauffage pendant 15 minutes à 100°C (**Rodier, 1996**).

➤ Matériels

- Cuve ronde NANOCOLOR.
- pipette 5ml.
- bloc chauffant.
- Spectrophotomètre NANOCOLOR UV/VIS.

➤ Réactifs

- Réactifs 2, NANOCOLOR.

➤ **Mode opératoire**

- Dans une cuve ronde ajouter 4ml de l'échantillon à analyser.
- agiter puis mettre au bloc chauffant pendant 15min à 100°C.
- laisser refroidir à l'air ambiant.
- ajouter un NANOFIX R2.
- agiter, attendre 10min puis faire la lecture.

IV.1. Chaufferie

IV.1.1. Les analyses journalières

Les figures représentées dans cette partie représentent les valeurs moyennes hebdomadaires des paramètres physicochimiques mesurés quotidiennement sur les eaux transitant par les différentes chaudières produisant les vapeurs alimentaires depuis la première semaine de Janvier 2019 :

IV.1.1.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)

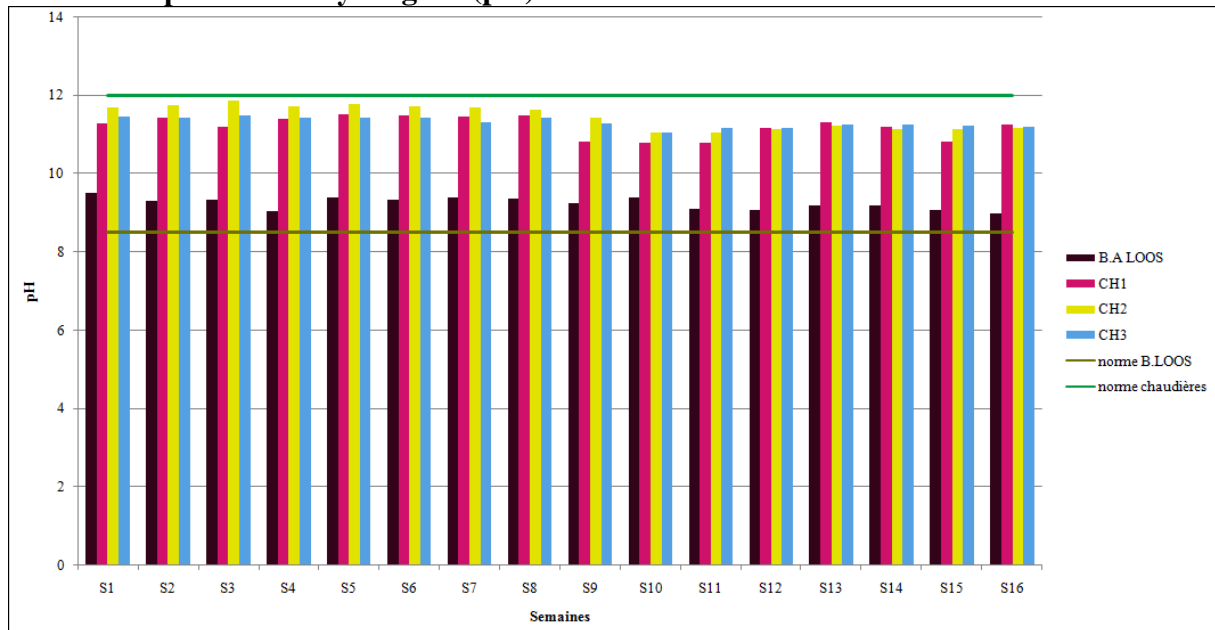


Figure IV.1 : Variation du pH à la chaufferie.

D'après la figure IV.1, on remarque que les valeurs du pH des eaux de chaudière et celles l'eau de la bache alimentaire (B.A LOOS) des chaudières LOOS sont autour de 8.99 et 11.87 et varient très peu pendant toute la période d'étude. Toutefois, on constate une légère augmentation des pH des eaux après leur passage dans trois chaudières. Cette augmentation est due au contact de l'eau avec la chaux ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), substance très basique. Cependant, les valeurs du pH restent conformes aux normes en vigueur au sein de l'entreprise (>8.5 pour la bache et 10,5-12 pour les chaudières).

IV.1.1.2. La conductivité :

Les résultats représentés dans la figure IV.2 montrent que les valeurs de la conductivité des eaux sont plus élevées au cours des neuf premières semaines de la période d'étude après leur transit par les chaudières. Elles dépassent même de manière conséquente les normes requises ($30-4000\mu\text{s}/\text{cm}$). Cette augmentation est liée au rajout de produits chimiques (sulfite de sodium NALCO77216 et phosphate trisodique NALCO77225) pour purger les chaudières

pendant cette période. Les valeurs de la conductivité ne retrouvent des seuils conformes aux normes qu'à partir de la dixième semaine.

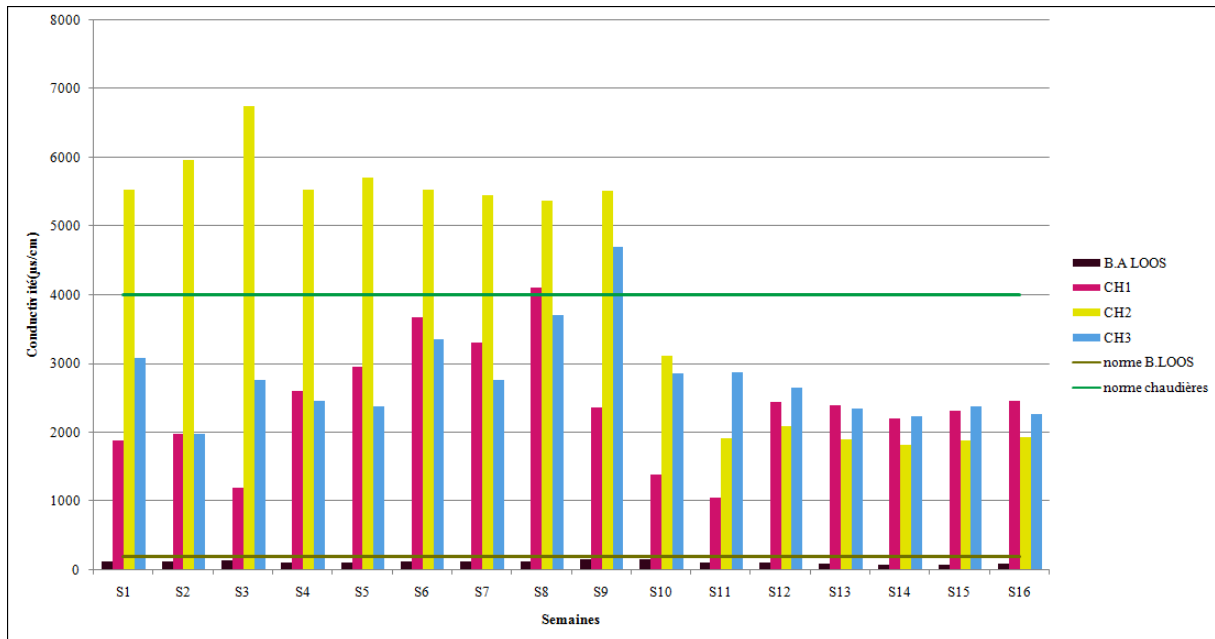


Figure IV.2 : Variation de la conductivité électrique à la chaufferie.

IV.1.1.3. Le titre hydrométrique (TH)

La figure IV.3 représente la variation de la dureté de l'eau (TH). Un excès de dureté des eaux a été observé de la neuvième à la douzième semaine (allant jusqu'à 10°F) valeurs dépassant largement la norme (<1°F). Cet excès de dureté est un indicateur du risque d'entartrage et de corrosion des chaudières, nécessitant ainsi leurs purges. Après la purge des chaudières, la dureté des eaux au cours des semaines suivantes retrouvent des valeurs conformes aux normes.

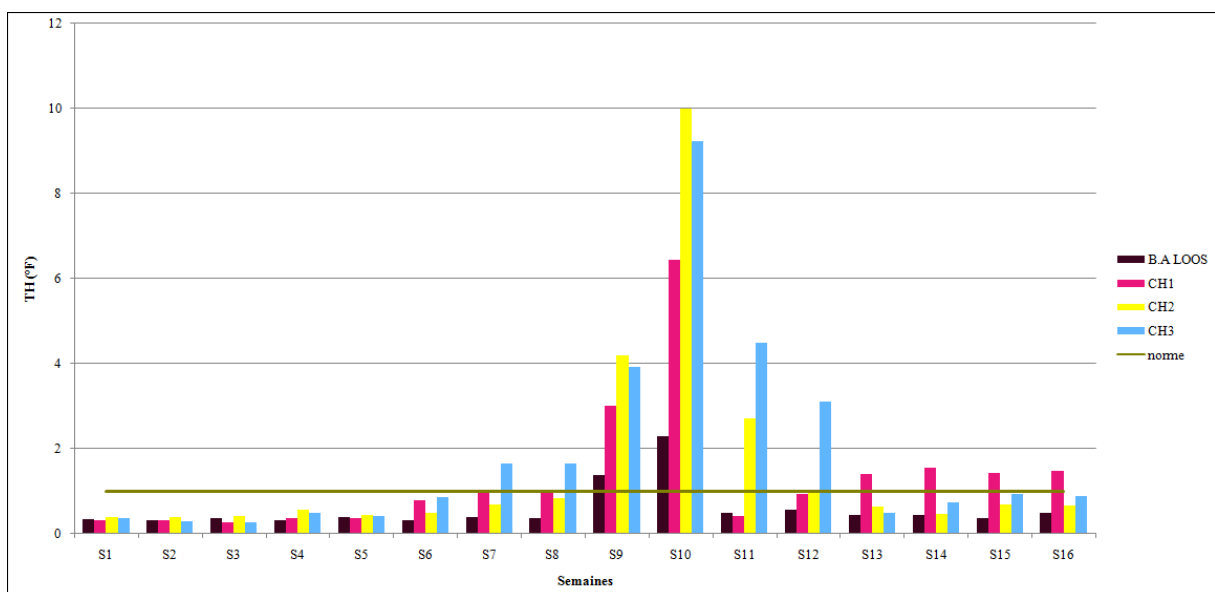


Figure IV.3 : Variation de TH à la chaufferie.

IV.1.1.4. Le Titre alcalimétrique (TA)

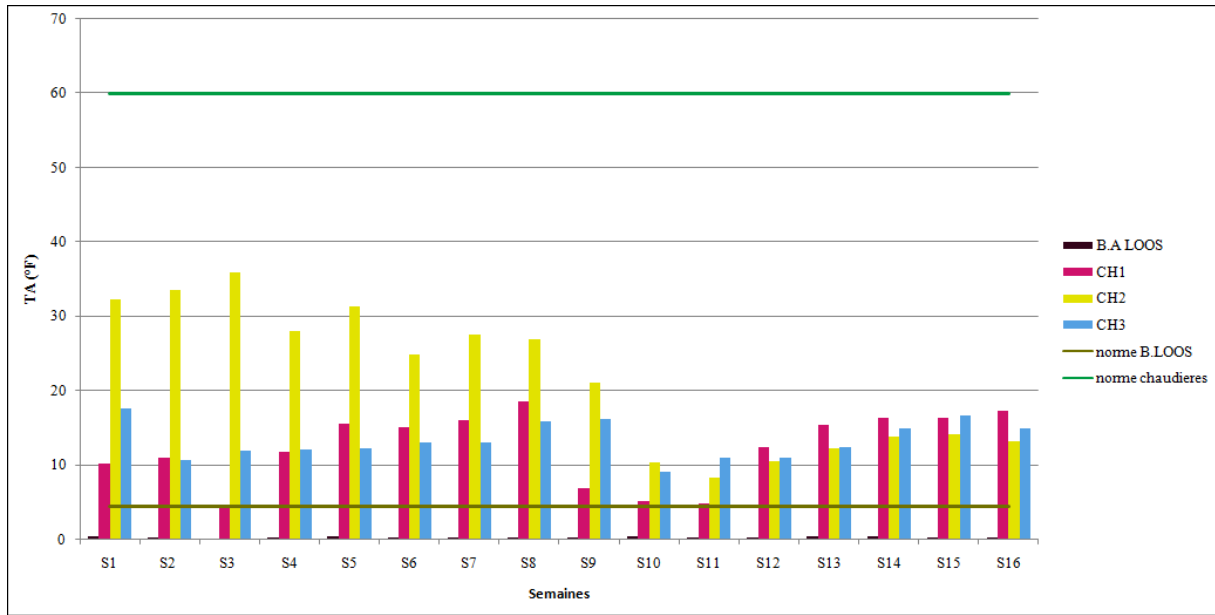


Figure IV.4 : Variation de TA à la chaufferie.

D’après les résultats de la figure IV.4 on observe que le TA de l’eau dans la B.A LOOS est presque nul, dû aux concentrations négligeables des alcalins libres (OH^-) et les carbonates. L’alcalinité augmente dans les eaux des chaudières mais ne dépassent guère les normes exigées (5-60°F).

IV.1.1.5. Le titre alcalimétrique complet (TAC)

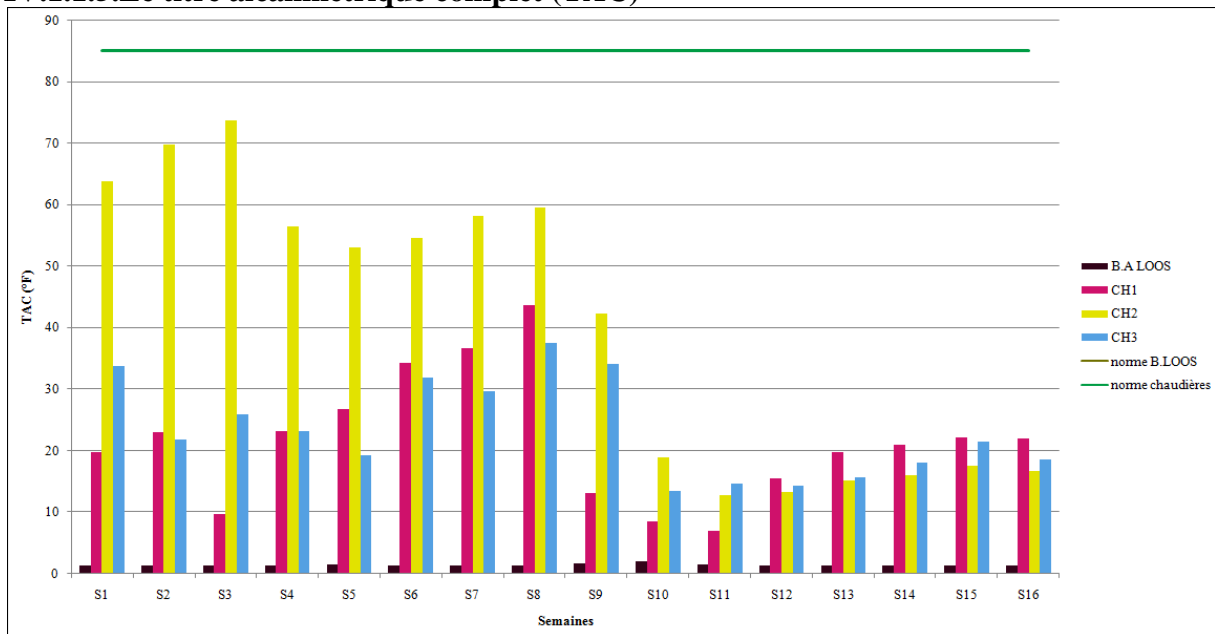


Figure IV.5 : Variation de TAC à la chaufferie.

La figure IV.5, montre que les valeurs du TAC des eaux des chaudières sont supérieures par rapport à celle des eaux de la bache alimentaire (B.A LOOS) cette augmentation est due à la présence d’espèces basique telles que les ions hydroxyde (OH^-), les ions carbonate (CO_3^-),

les ions hydrogénocarbonate(HCO_3^-). Ces valeurs restent cependant conformes aux normes(7-85°F).

IV.1.1.6. Les chlorures (Cl^-)

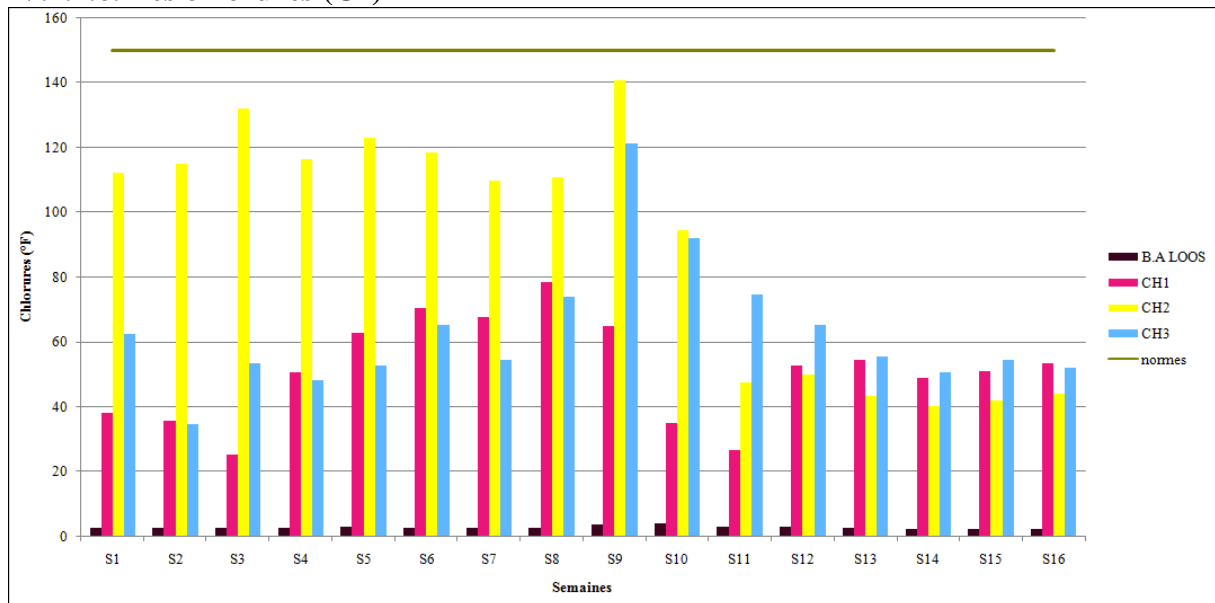


Figure IV.6 : Variation des Chlorures à la chaufferie.

Sur la figure IV.6, on observe que les chlorures varient peu dans les eaux de la bûche alimentaire au cours de la période d'étude (autour de 2.93°F). Les seules variations observées s'opèrent au sein des chaudières, avec des augmentations sensibles après le passage des eaux dans la première et la deuxième chaudière (25.50°F et 140.73°F). Cette variation est due au degré de minéralisation des eaux en cette période. Ces résultats restent conformes aux normes(<150).

IV.1.2. Les analyses hebdomadaires :

Dans cette partie, seront représentées les valeurs des paramètres mesurés avec un pas d'échantillonnage d'une semaine pendant la même période d'étude.

IV.1.2.1. Teneur en Silice

La figure ci-dessous représente les valeurs hebdomadaires de la silice mesurée dans les mêmes points d'échantillonnage que pour les mesures journalières.

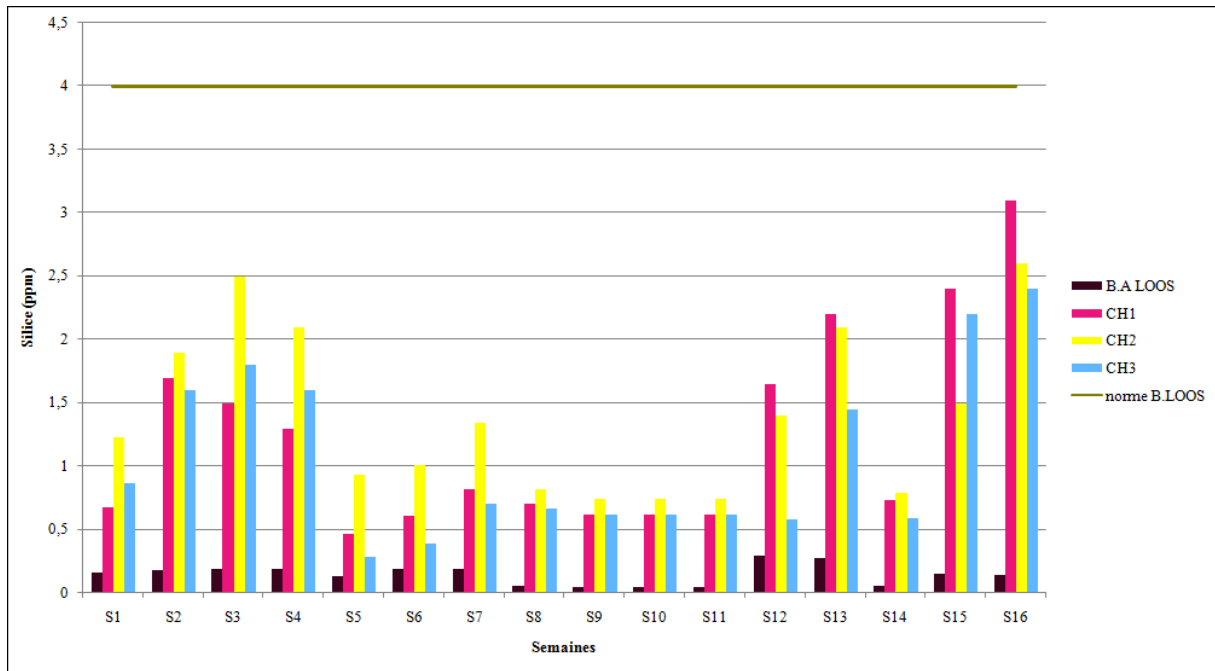


Figure IV.7 : Variation de Silice à la chaufferie.

Dans la figure IV.7, qui représente la variation de la teneur de la silice de l'eau de la bache (B.A LOOS) et des chaudières. Malgré des variations notables, le taux de silice dans les eaux demeure très largement inférieur aux seuils normatifs en vigueur (<4ppm pour la bache et <150ppm pour les chaudières).

IV.1.2.2.Teneur en Fer

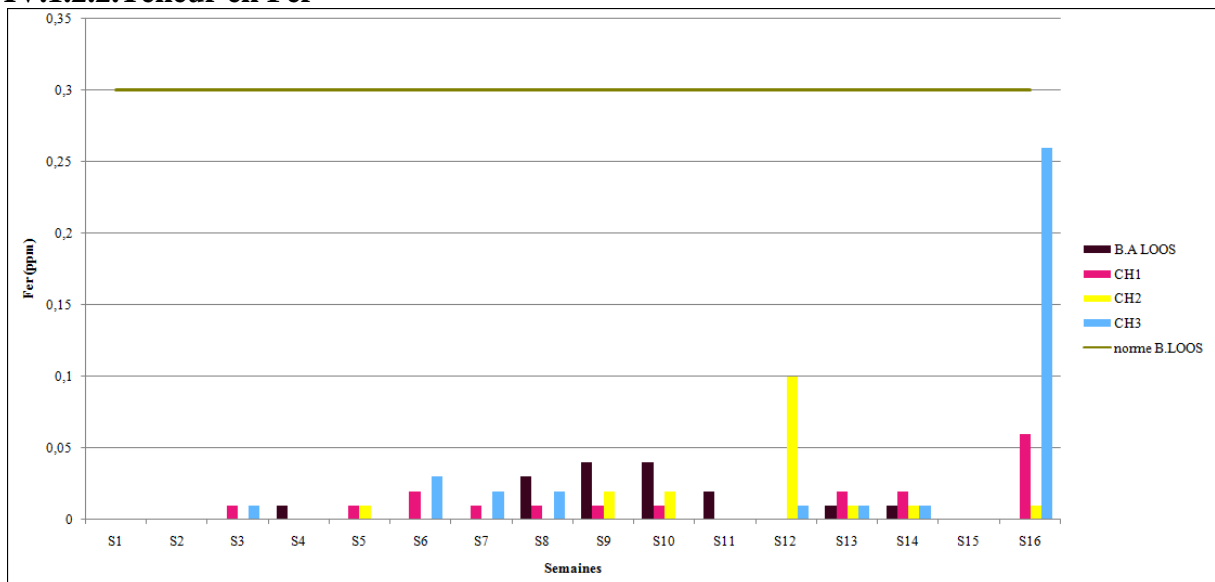


Figure IV.8 : Variation de Fer total à la chaufferie.

Les teneurs en fer total de l'eau de la bache alimentaire(B.A LOOS) et des 3 chaudières représentées sur la figure IV.8 montrent des concentrations quasi-nulles. Elles varient entre 0ppm et 0,26ppm et demeurent inferieures aux normes requises(<0.3ppm pour la bache).

IV.1.2.3. Teneur en Phosphate

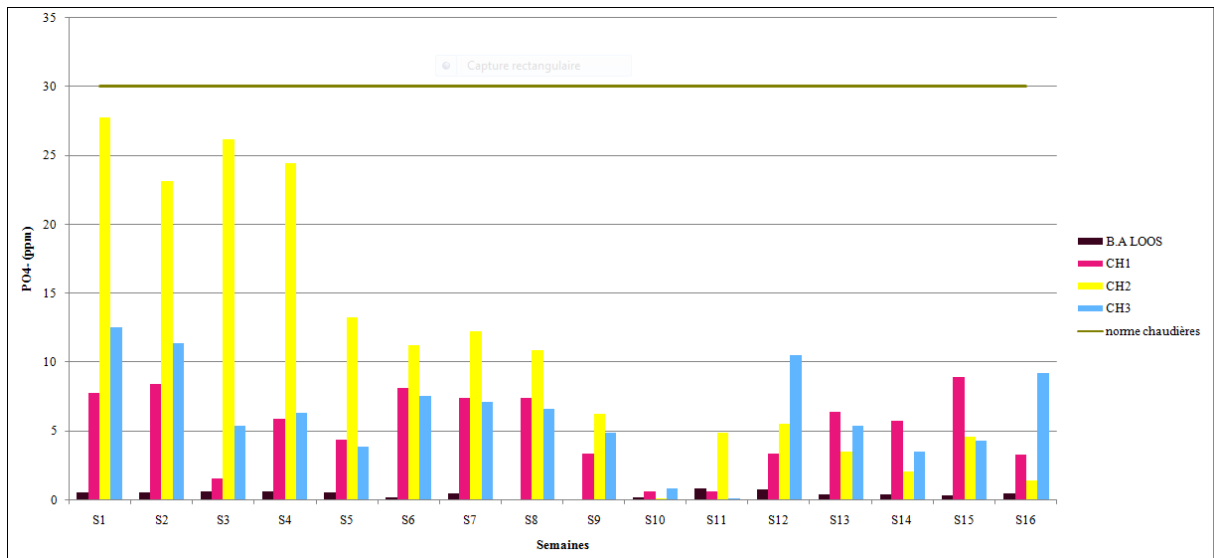


Figure IV.9 : Variation de Phosphate à la chaufferie.

D'après la figure IV.9, on constate une augmentation de concentration des phosphates de la première semaine jusqu'à la huitième semaine au niveau des chaudières, surtout dans la chaudière 2. Ceci s'explique par le rajout d'un produit chimique à base de phosphates (phosphate trisodique) aux chaudières pour diminuer l'alcalinité au cours de cette période. Ces valeurs restent cependant conformes aux normes (10-30ppm).

IV.1.2.4. Teneur en Sulfite

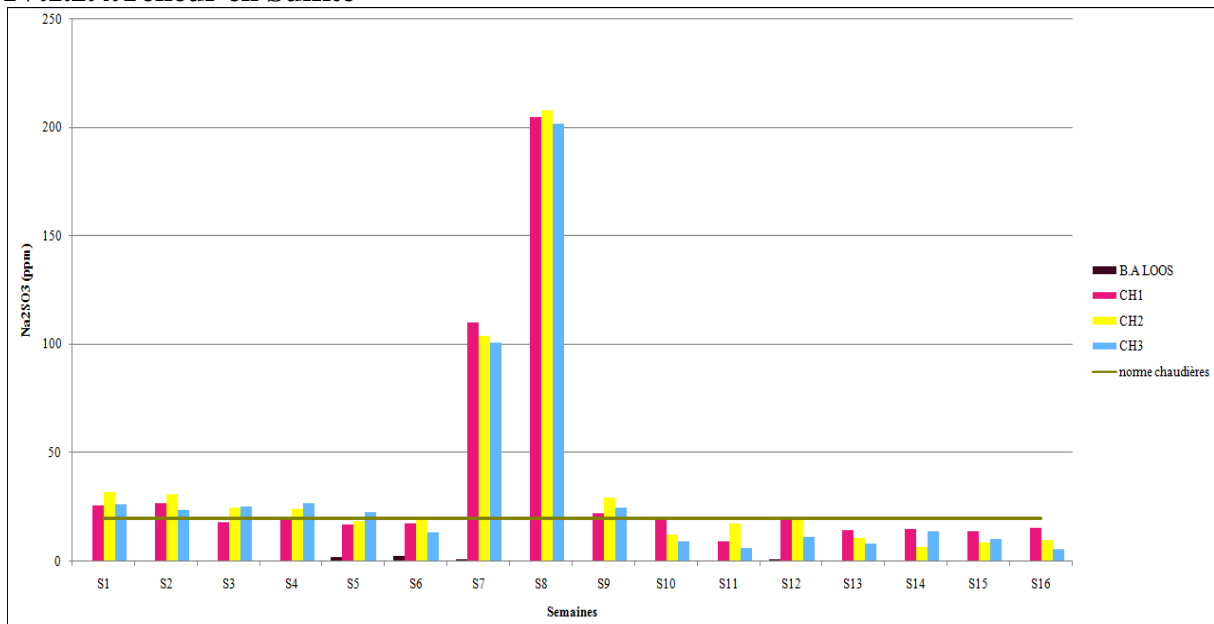


Figure IV.10 : Variation de Sulfite à la chaufferie.

D'après nos résultats représentés dans la figure IV.10, on remarque que les variations de la teneur en sulfites dans les eaux sont très faibles au niveau de la bûche alimentaire (B.A LOOS) (varient entre 0.07ppm et 2.70ppm). On constate cependant, une augmentation

énorme des teneurs au cours de la septième et la huitième semaine, allant jusqu'à 205ppm, valeurs très largement au-dessus des normes(10ppm à 20ppm). Ceci est dû au surdosage des sulfites dans les chaudières (l'addition des sulfites pour réduire la teneur en oxygène de l'eau).

IV.2.Cogénération

IV.2.1. Les analyses journalières

Dans cette partie, on présentera les valeurs moyennes hebdomadaires des paramètres physicochimiques mesurés quotidiennement sur les eaux transitant par les chaudières produisant les vapeurs pour la production de l'énergie électrique depuis la première semaine de Janvier 2019.

IV.2.1.1.Le potentiel d'hydrogène (pH)

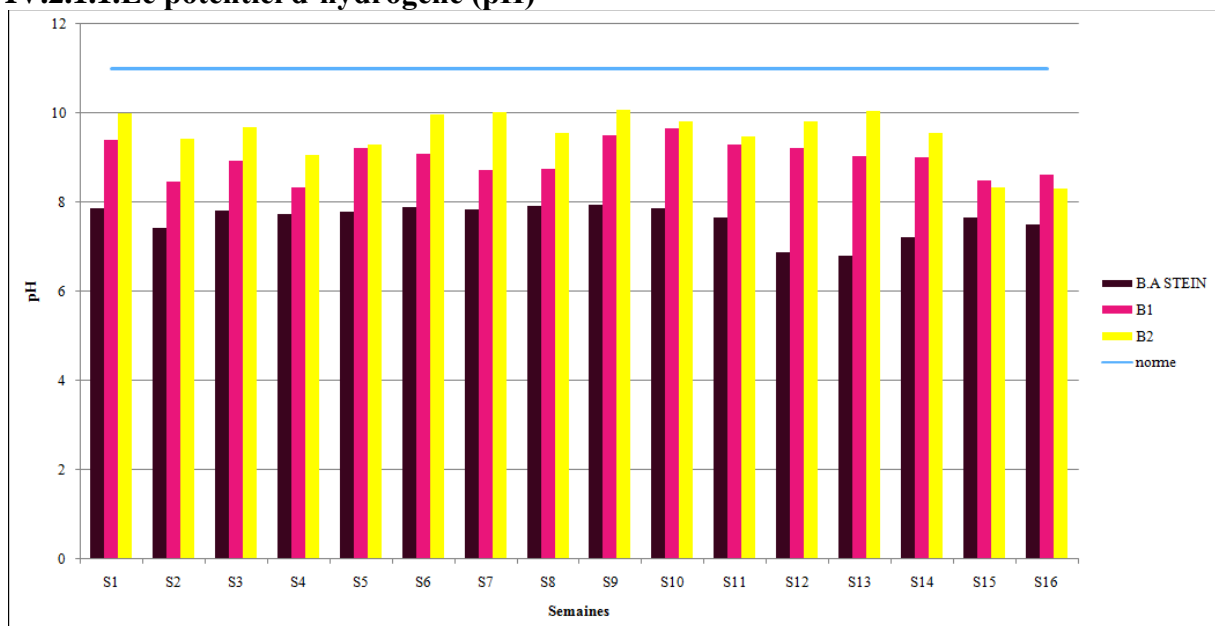


Figure IV.11 : Variation du pH à la cogénération.

La mesure du pH est primordiale quand il s'agit de déterminer l'action corrosive de l'eau et l'évaluation des pratiques de traitement de l'eau dans les procédés industriels. Effectivement, lorsque l'eau est trop acide, elle attaque les parois de la chaudière ou lorsqu'elle est trop alcaline, il y aura formation de mousse.

Les résultats de la figure IV.11 montrent que le pH de l'eau de la bache qui alimente les chaudières est relativement proche de la neutralité. En effet, les pH obtenus varient entre 6 et 8 et répondent aux normes(9-9,3). Pour les chaudières B1 et B2, les valeurs du pH obtenues augmentent légèrement, allant jusqu'à 10 mais restent néanmoins conformes aux normes (9,5 - 11).

IV.2.1.2. La conductivité

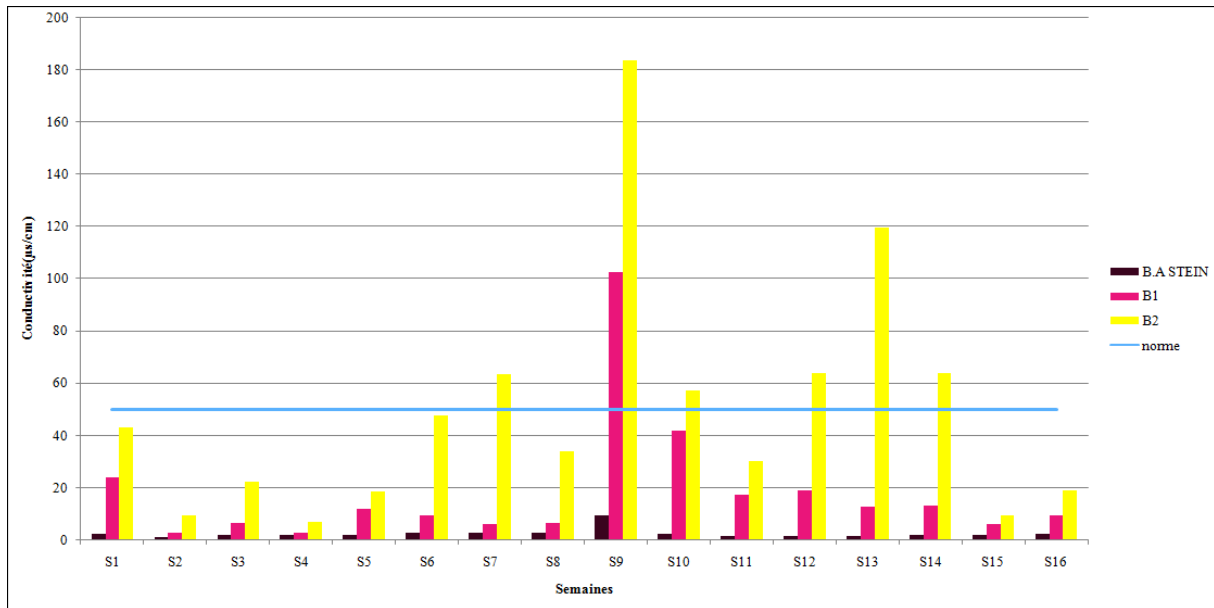


Figure IV.12 : Variation de la conductivité électrique à la cogénération.

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. D'après les résultats représentés dans la figure IV.12, nous constatons que la conductivité de l'eau de la bêche se situe entre 1 et 10, en conformité avec la norme ($< 50 \mu\text{s}/\text{cm}$). Par contre, les eaux transitant par les chaudières B1 et B2 présentent des valeurs de conductivité dépassant largement la norme, surtout au cours de la neuvième et la treizième ($100 \mu\text{s}/\text{cm}$). Ce résultat montre la forte minéralisation des eaux due au surdosage des produits chimiques et au manque de purge des chaudières pendant les périodes de surproduction de l'entreprise.

IV.2.1.3. Le titre hydrométrique (TH)

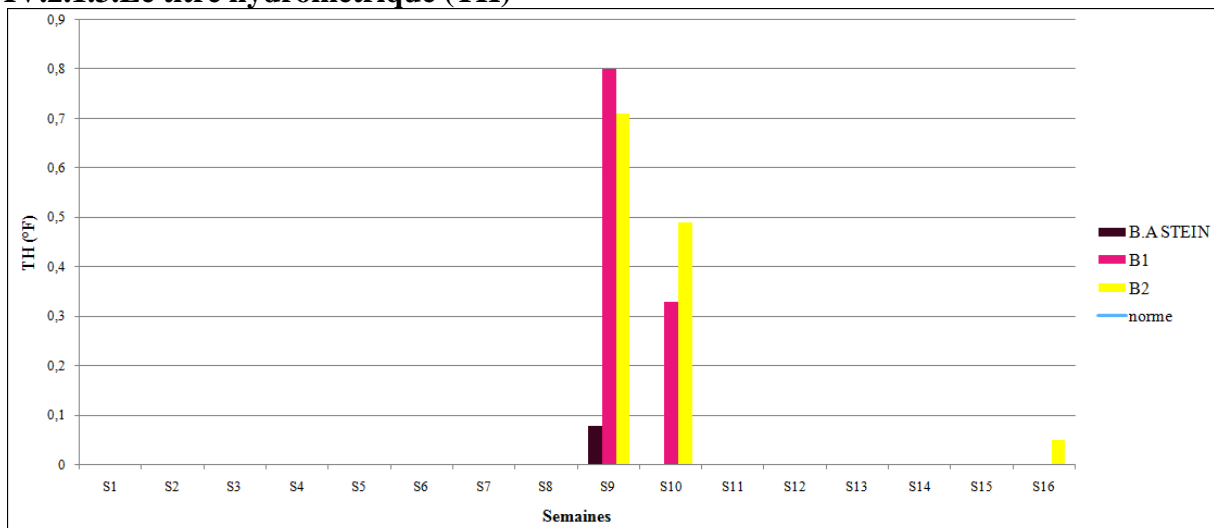


Figure IV.13 : Variation de TH à la cogénération.

D'après la figure IV.13, on observe que le TH dépasse la norme ($\text{TH} = 0^\circ\text{F}$) au cours de la neuvième et la dixième semaine (des valeurs atteignant $0,8^\circ\text{F}$). Ceci peut présenter des

risques de corrosion par précipitation des sels alcalino-terreux en adhérant aux parois de la chaudière. Généralement, un apport en phosphates au niveau de la bêche et au niveau de la purge des chaudières est nécessaire pour éviter les dépôts de calcaire et éliminer toutes particules précipitées.

IV.2.1.4. Le Titre alcalimétrique (TA)

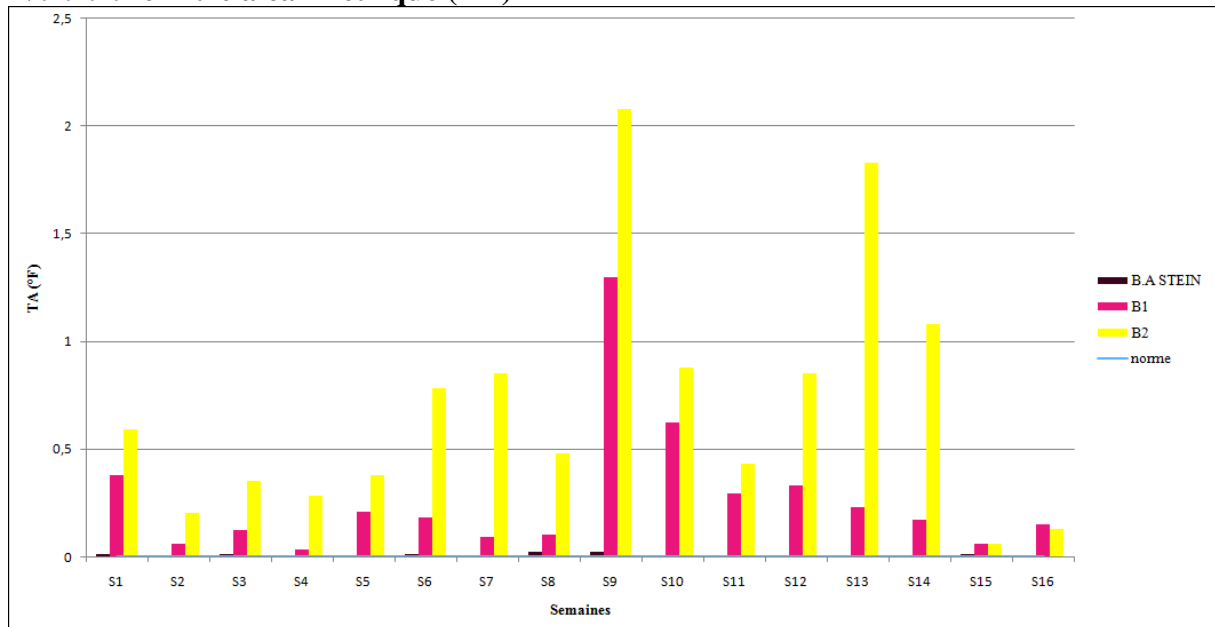


Figure IV.14 : Variation de TA à la cogénération.

D'après la figure IV.14, on remarque que le TA est quasi nul dans l'eau de bêche, ce qui explique que les alcalins libres et les carbonates existent dans l'eau en quantité négligeables. Par contre, dans l'eau de la chaudière (surtout B1), le TA a atteint 2°F et a dépassé la norme (0°F) et cela est dû à l'augmentation du pH. Pour remédier à cela, on utilise un adoucisseur pour diminuer le pH et le rendre neutre.

IV.2.1.5. Le titre alcalimétrique complet (TAC)

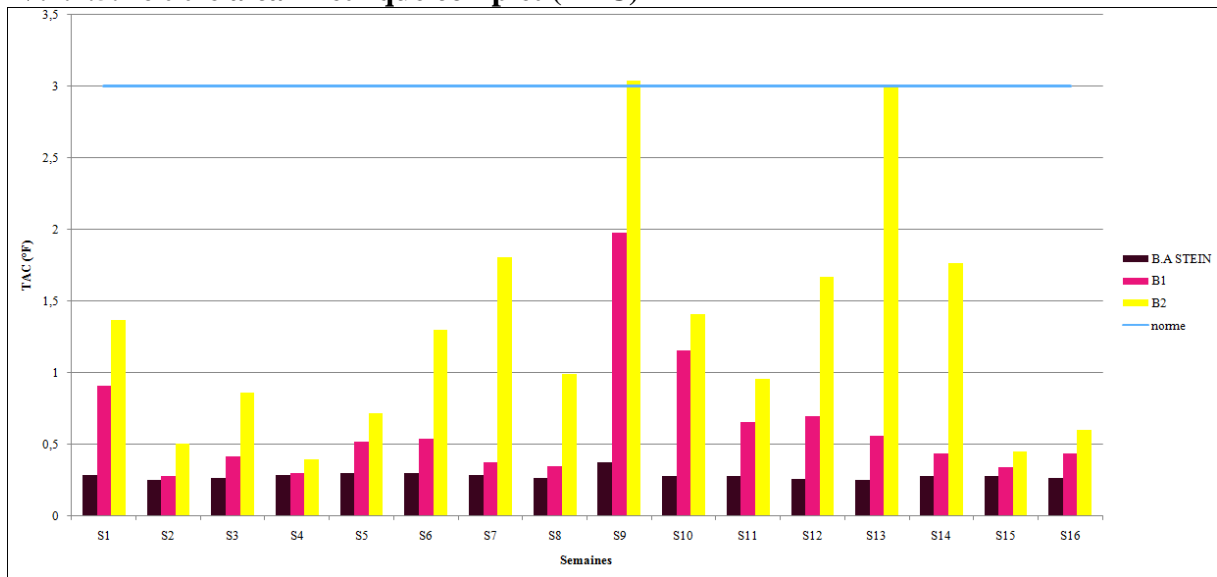


Figure IV.15 : Variation de TAC à la cogénération.

Sur la figure IV.15, on observe que les valeurs de TAC varient entre 0.25 °F et 3.04 °F au cours de la période d'étude. Le TAC de ces échantillons provient à la fois des concentrations des hydroxydes alcalins OH⁻, des carbonates alcalins CO₃²⁻ et des hydrogénocarbonates HCO₃⁻ contenues dans ces eaux. Il est à noter toutefois l'absence de normes requises pour ce paramètre.

IV.2.1.6. Les chlorures (Cl⁻)

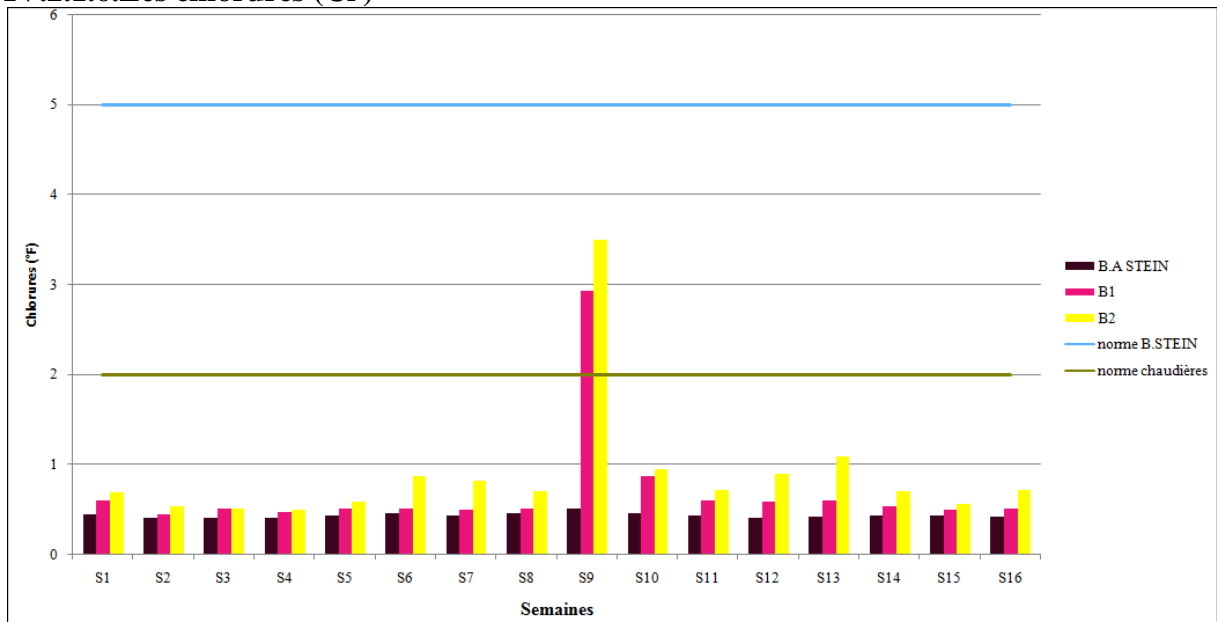


Figure IV.16 : Variation des Chlorures à la cogénération.

Dans la figure IV.16, on constate que les teneurs en chlorures des eaux de chaudière de cogénération sont conformes à la norme dans la plupart de temps (5 °F pour la bêche

alimentaire STEIN et $<2^{\circ}\text{F}$ pour les chaudières STEIN B1, B2),sauf pour la neuvième semaine pour B1 et B2 qui as dépassé le seuil exigé ($<2^{\circ}\text{F}$) et cela est due au degré de minéralisation de l'eau(aussi de la conductivité) .

IV.2.2.Les analyses hebdomadaires

IV.2.2.1. Teneur en Phosphate

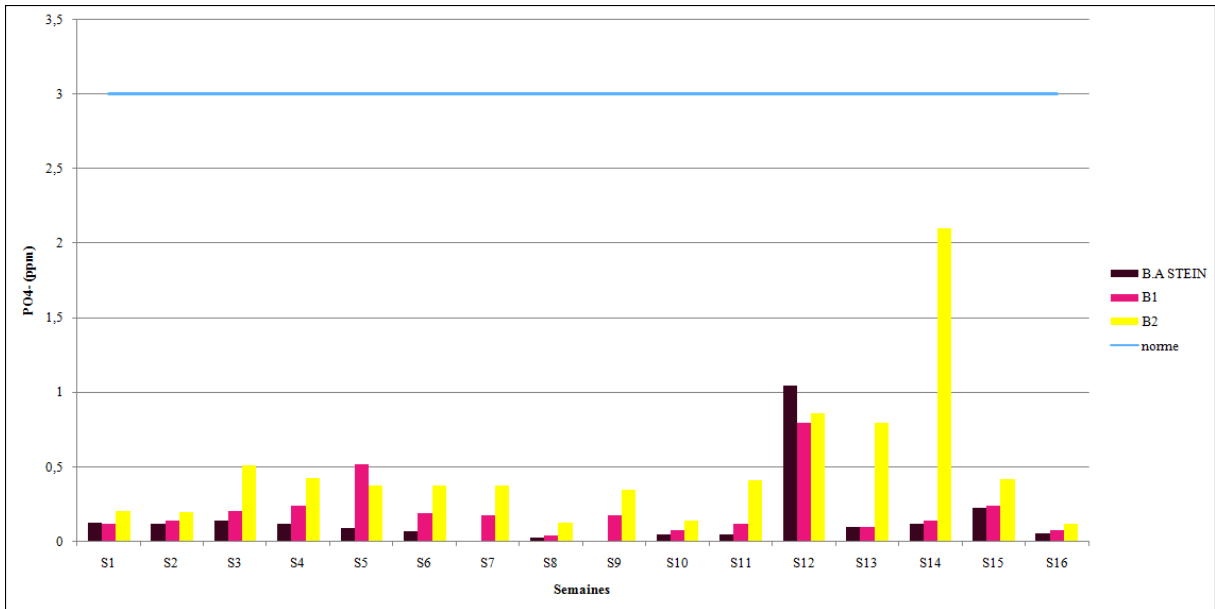


Figure IV.17 : Variation de Phosphate à la cogénération.

Les teneurs en Phosphate au niveau de la bache et des ballons sont conformes aux normes exigées(<3 ppm) (Figure IV .17).

IV.2.2.2. Teneur en DEHA

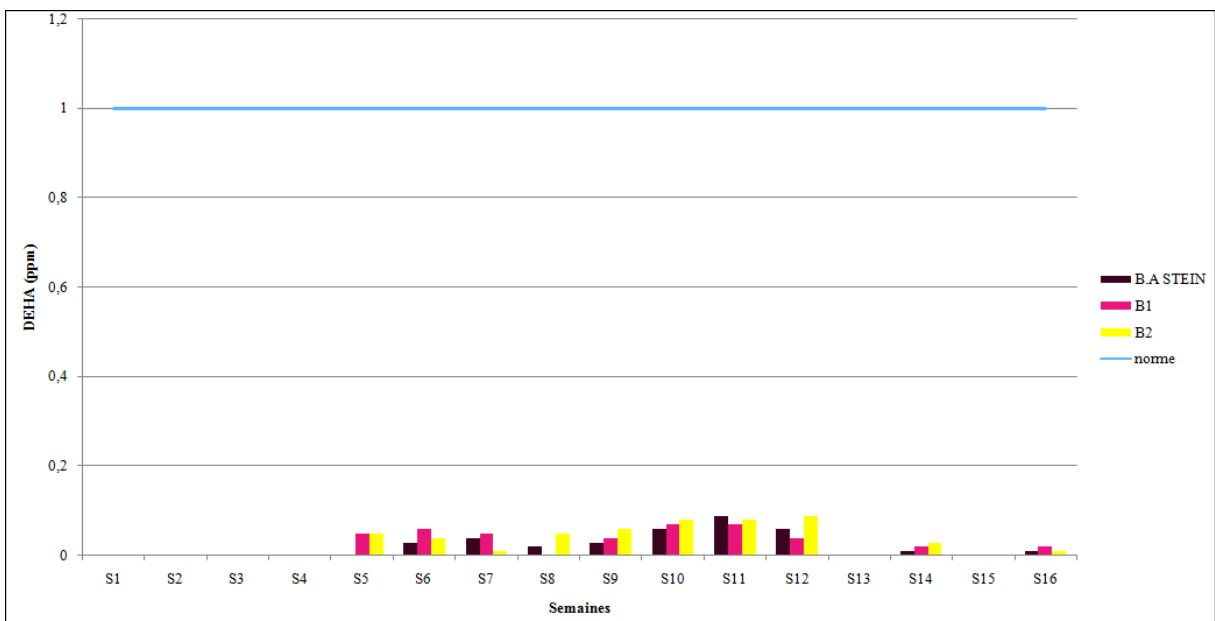


Figure IV.18 : Variation de DEHA à la cogénération.

La figure IV.18, montre que les valeurs obtenues pour la DEHA dans les différents points de prélèvement sont conformes aux normes fixées par l'entreprise (0.05 – 1 ppm).

IV.2.2.3. Teneur en carbone organique total (TOC)

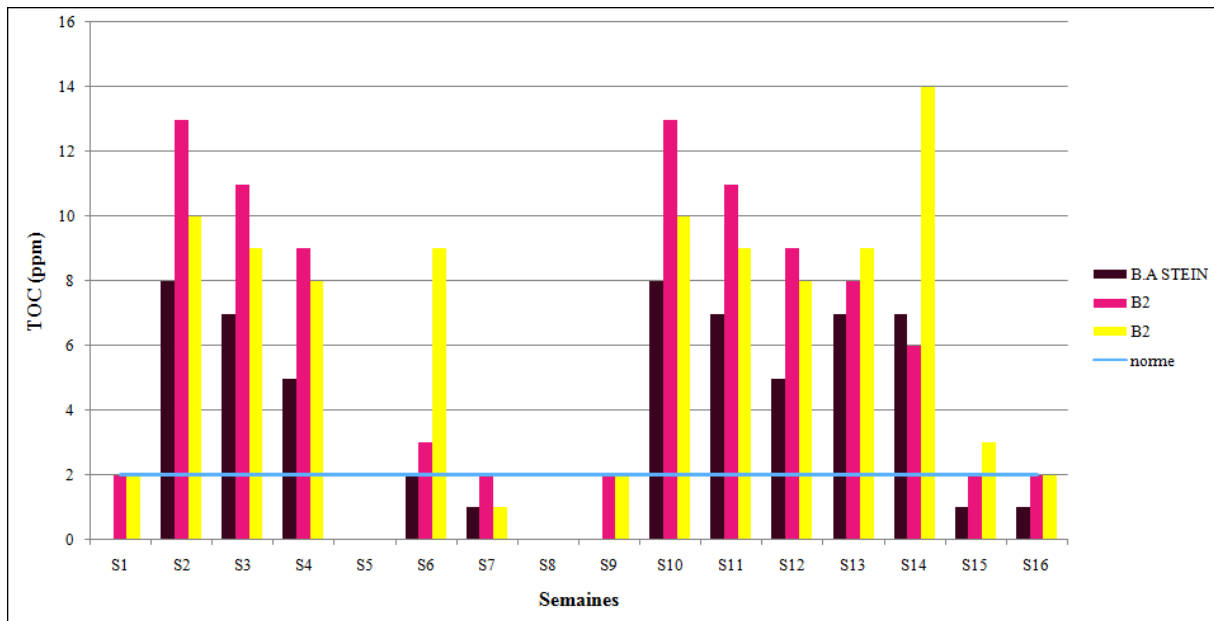


Figure IV.19 : Variation de TOC à la cogénération.

La représentation graphique IV.19 montre que les concentrations du carbone organique total sont particulièrement élevées (jusqu'à 14ppm) dans les échantillons étudiés au cours de toute la période d'étude. Elles sont de ce fait supérieures aux normes exigées (<2ppm). Ceci nous révèle que les eaux sont riches en matière organique carbonée dissoute et particulaire, traduisant une mauvaise qualité organique de l'eau ultra-pure alimentant les chaudières. Pour cela, il est nécessaire d'améliorer la qualité de l'eau ultra pure en changeant régulièrement les membranes de l'osmoseur inverse.

IV.3. Condensats

IV.3.1. Chaufferie

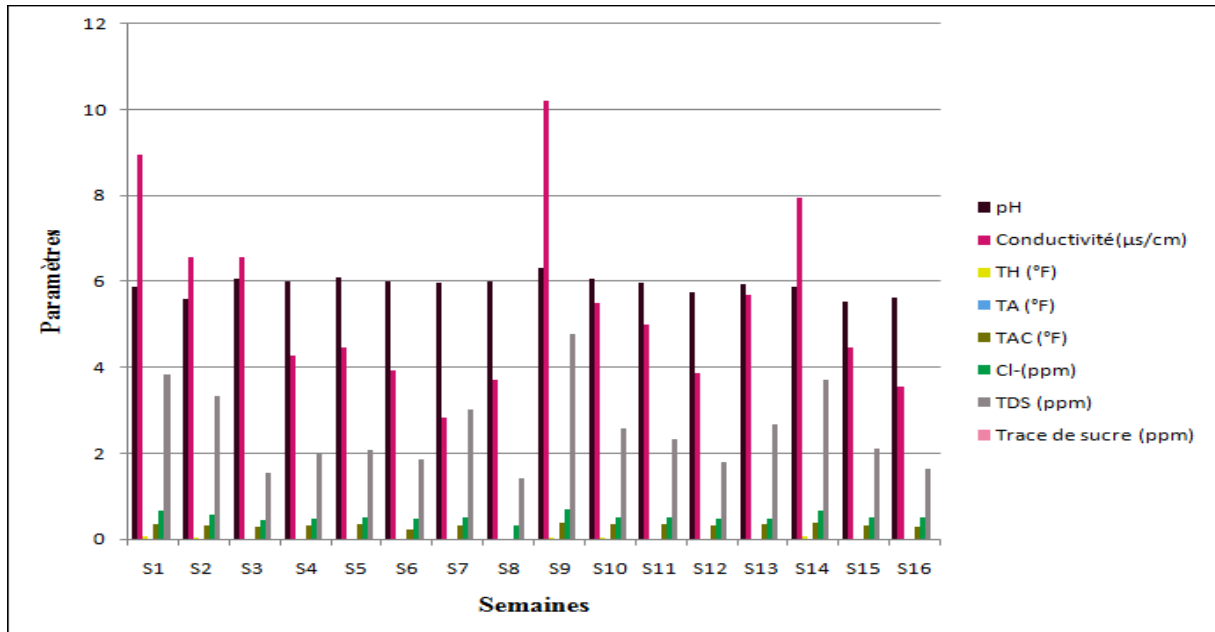


Figure IV.20 : Variation des différents paramètres du condensat à la chaufferie.

La figure IV.20, résume les résultats des différents paramètres du condensat analysée quotidiennement. D’après ces résultats, on conclue que tous les paramètres répondent aux normes exigées par l’entreprise (pH(5.5-7.5), conductivité <100µs/cm, TH<1°F, TA=0°F, TAC<1.5°F, Cl<3°F, TDS<50ppm, Trace en sucre = 0ppm).

IV.3.2. Cogénération

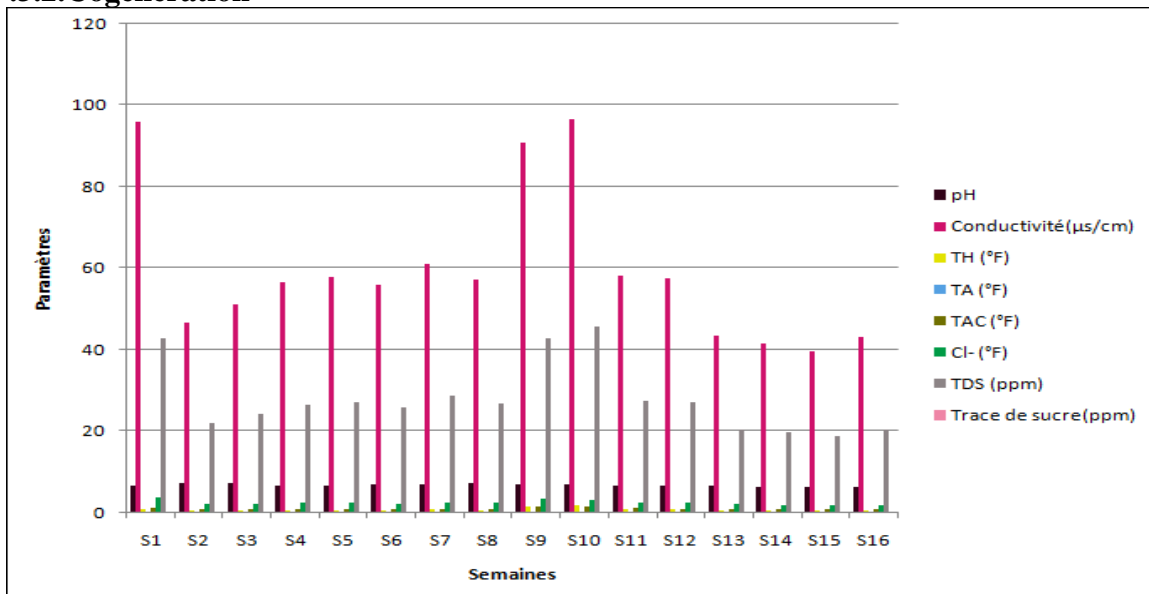


Figure IV.21 : Variation des différents paramètres du condensat à la cogénération.

La figure IV.21, nous montre l’évolution des mêmes paramètres physicochimiques mesurés sur les condensats des chaudières de cogénération quotidiennement. Leurs valeurs demeurent conformes aux normes pendant toute la période d’étude.

Conclusion

L'objectif principal de ce travail de fin d'étude a été d'intégrer le pôle des circuits d'eau dans une industrie agro-alimentaire. A cet effet, nous avons effectué notre stage pratique à CEVITAL où nous avons travaillé sur le contrôle de qualité des eaux de chaudières productrice de vapeurs alimentaires et les chaudières de cogénération. Pour ce faire, un suivi des propriétés physico-chimiques des eaux d'alimentation des chaudières et des condensats a été effectué pendant 4 mois (Janvier-Avril 2019) au sein de l'entreprise.

Les résultats obtenus dans ce travail ont montré que pour les chaudières de la chaufferie (LOOS), les analyses physico-chimiques du pH, TA, TAC, Cl^- , SiO_2 , Fe et les PO_4^{2-} sont conformes aux normes. Ce pendant, des écarts aux normes ont été relevés pendant notre période d'étude pour un certain nombre de paramètres comme la dureté des eaux (TH) et les sulfites. En ce qui concerne les chaudières de cogénération (STEIN), les analyses révèlent là aussi que le pH, TAC, DEHA et les phosphates (PO_4^{3-}) sont conformes aux normes. Par contre la conductivité, TH, TA, et TOC dépassent le seuil exigé. Cependant, selon les responsables du contrôle de qualité de l'entreprise, ces écarts ne semblent pas présenter un danger à court et à long terme sur les installations de l'entreprise et la qualité de leurs produits. Les condensats quant à eux ont montré des propriétés physico-chimiques en conformité avec les normes exigées pour les des deux types de chaudières.

Au terme de cette première immersion dans le monde de l'entreprise, il ressort que la bonne qualité des eaux industrielles fait partie des éléments stratégiques qui permettent d'apprécier la valeur d'un établissement industriel agroalimentaire dans son ensemble. Il va falloir donc non seulement multiplier les inspections sur le marché mais aussi développer les systèmes de contrôle en industrie afin d'inciter les promoteurs à promouvoir la qualité exigée.

D'un autre côté, il apparaît fondamental pour CEVITAL d'intégrer les aspects quantitatifs en raisonnant sur les besoins globaux en eau d'un site industriel, à fortiori dans un pays semi-aride comme l'Algérie. Cette approche systémique du cycle de l'eau en entreprise permettra sans doute de redéfinir notre réflexion sur la gestion globale de l'eau, analyser, et quantifier les besoins exacts en qualité et en quantité.

Bibliographie

- Beaudry, J.P., Tarda, H., 1984.** Chimie des eaux. Edition Griffon d'argile. 537p.
- Dearborn, B., 1991.** Handbook of - Industrial water conditioning. 6th edition BETZ laboratoires.417p.
- Degrémont., 1991.** Water treatment handbook' Vol. 1-2. 1928p.
- Desjardins, R., 1997.** Le traitement des eaux. 2e édition. Montréal. 304p.
- Dore, M., 1989.** Chimie des oxydants et traitement de l'eau. Edition Tec et Doc Lavoisier, France, 505 pages.
- Dumont, M.N., 2005.** Simulation et Aide au Dimensionnement des Chaudières de Récupération, thèse grade de Docteur en Sciences de l'Ingénieur, Université de Liège.
- Hager and Elsässer.1997.** (Ondeo Industrial Solutions) - Reclaim and fab water management 11 pages.
- Hunter, J., Rey, L ET Scott, D., 1980.** L'action de prévention et de lutte contre les maladies dans le cadre des grands travaux hydrauliques. P45-55.
- Kettab, A., 1982.** Les eaux potables. Traitement des eaux. Edition Office des publications Universitaires, Alger. 151p.
- LEPETIT, V., 2005.** La facture de l'eau s'alourdit. - L'usine Nouvelle, 6 au, no 2976 p. 17.
- Manuel du complexe Cevital** (Laboratoire des eaux)
- Maurel, A., 2006.** « Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres ». 2ème édition 11, rue Lavoisier, Paris. 286p.
- Musy, A., Higy, C., Reynard, E., 2014.** Hydrologie : Tome 1, une science de la nature, une gestion sociétale. PPUR Presses Polytechniques. 500p.
- Régis, B., Selim, B., 2011.** Techniques de la gestion et de la distribution de l'eau. Edition du Moniteur. Paris. 830p.
- Rodier, J., 1996.** L'analyse de l'eau. 8e édition Dunod. Paris. 1434p.
- Roval, J.M., 1995.** Memento technique de l'eau Tome 1. 10e édition Degremont suéz. France. 2503p.
- Sadler, M.A., 1993.** Developments in the production and control of ultrapure water. In: Ion exchanges processes: advances and applications [proceedings of the International Conference on Ion-Exchange (Ion-Ex' 93).
- Tardart, M., 1994.** La chimie de l'eau. Edition Griffon d'argile, Québec. 130 pages.
- Tharreau, V., 2009.**Techniques du traitement de l'eau dans les bâtiments. 3e édition, paris.551p.

WEBOGRAPHIE

Atlantic labo. Réactifs matériels consommables pour laboratoires, Guide de démarrage rapide NANOCOLOR ® UV/VIS II V 1.00 / 06.2015.

Disponible sur : http://www.atlanticlabo-ics.fr/img/cms/MN919600_no.pdf

Consulter le : 17/05/19

FAO. AQUASTAT. Website. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) .2016

Disponible sur: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/Profile_segments/DZA-WU_eng.stm

Consulter le: 17/05/19

Jean Bernard. Guide des technologies de procédé .2013

Disponible sur : <http://processs.free.fr/Pages/VersionMobile.php?page=5505>

Consulter le : 14/05/19

Jean-Jacques. Schmitz Ashland Water Technologies traitement d'eau et purges dans une chaufferie vapeur. 2013

Disponible sur ; <https://energie.wallonie.be/fr/traitement-d-eau-et-purges-dans-une-chaufferie-vapeur.html?IDC=8038&IDD=97659>

Consulter le : 16/05/19

Veto Fish. Cabinet vétérinaire dédié au monde aquacole .2002

Disponible sur : <https://www.vetofish.com/definition/carbone-organique-total>

Consulter le : 17/05/19

Wikipédia. N, N-Diéthylhydroxylamine. La dernière modification a été faite le 16 mai 2018

Disponible sur : <https://fr.wikipedia.org/wiki/N,N-Di%C3%A9thylhydroxylamine>

Consulter le : 17/05/19

Annexe 1

La verreries :

- Pipettes de 1, 2, 5 et 10 ml ;
- Erlenmeyer de 100 ml ;
- Burettes graduées ;
- Poire ;
- Béchers ;
- Pissettes ;
- Entonnoirs ;
- Fioles de 50, 100 et 250 ml ;
- Eprouvettes ;
- Barreaux magnétiques ;
- Spatules ;
- Verres de montre ;
- Tubes à essais ;
- Porte tubes ;
- Mortier et un pilon ;
- Papier filtre ;
- Papier absorbant.

Définitions :

❖ Produits biocide

Le mot biocide (éthymologiquement : bio + cide « qui tue la vie ») désigne une large famille de substances chimiques qui regroupe les pesticides, les antiparasitaires et les antibiotiques à usages médicaux, vétérinaires, domestiques ou industriels, les désinfectants de l'eau, de l'air, de sols, surfaces de travail,... etc.

❖ Produits séquestrants :

Les séquestrants, sont, au sens chimique, des ligands qui forment des complexes chimiques avec les ions métalliques, tels que le cuivre, le fer et le nickel, qui servent comme catalyseurs dans l'oxydation des matières grasses. Les séquestrants limitent donc la disponibilité de ces cations. Les séquestrants sont donc en quelque sorte des agents conservateurs et des antioxydants.

Les séquestrants communs sont :

Annexes

-Acide éthylène-diamine-tétra acétique (C₁₀H₁₆N₂O₈).

-Acétate de sodium (CH₃COONa).

❖ **Produit (TD-FLOC)**

C'est un nom commercial du flocculant utilisé au niveau des filtre a sable. Un flocculant est un polymère (une longue molécule constitué par la répétitions d'un motif de base), qui emprisonne les matières colloïdales agglomérées et forme ainsi des floccs volumineux qui déposent par sédimentation et peuvent être plus facilement arrêtés par les filtres.

❖ **Degré français:**

Il est encore en usage en France pour exprimer les concentrations des principaux ions d'une eau et correspond à la concentration d'une solution N/5000.

1meq.L-1=50F

❖ **CIP (cleaning in place “ Nettoyage en place (NEP)”):**

Éléments de conception de l'installation qui permettent de disposer sur l'installation des moyens permettant de réaliser le nettoyage.

❖ **Pression osmotique**

La pression osmotique, dans un phénomène d'osmose, est une force déterminée par une différence de concentration entre deux solutions situées de part et d'autre d'une membrane semi-perméable. Les forces osmotiques favorisent la diffusion des substances à travers la membrane, en milieu interne, le solvant passant de la solution la moins concentrée vers la solution la plus concentrée. La pression osmotique définit le minimum de pression qui doit être appliquée à une solution pour empêcher l'écoulement vers l'intérieur de l'eau à travers une membrane semi-perméable. Elle est également définie comme la mesure de la tendance d'une solution à prendre de l'eau par osmose. Les valeurs sont régies par le coefficient osmotique.

❖ **Métabisulfite de sodium (Na₂S₂O₃) :**

Le métabisulfite de sodium ou pyrosulfite de sodium est un désinfectant, antioxydant et conservateur alimentaire jaunâtre. Il est couramment utilisé dans le brassage et la vinification pour désinfecter les équipements. Il est utilisé comme agent de nettoyage pour les membranes d'osmose inverse utilisées dans le traitement de l'eau potable et pour les systèmes de dessalement. Il est également utilisé pour éliminer le chloramine de l'eau potable après le traitement.

❖ **Bâche d'alimentation**

Capacité destinée au stockage de l'eau d'alimentation d'une chaudière à vapeur

❖ **Primage dans les chaudières**

Annexes

Le primage de l'eau de chaudière est la contamination de la vapeur par des solides présents dans l'eau. Les bulles ou la mousse sont créés à la surface de l'eau des chaudières et sortent avec la vapeur. Ceci est appelé le moussage et est causé par de forte concentration en solides dans l'eau des chaudières.

Equivalence en mg.l⁻¹ du milliéquivalent.l⁻¹ et du degré français

Elément	Formule	Masse molaire	Valeur (mg.l ⁻¹)	
			Pour 1meq.l ⁻¹	Pour 1°F
Carbonate de calcium	CaCO ₃	100	50	10
Carbonate de magnésium	MgCO ₃	84	42	8.4
Calcium	Ca ²⁺	40	20	4
Magnésium	Mg ²⁺	24.3	12.2	2.43
Carbonate	CO ₃ ²⁻	60	30	6
Bicarbonate (hydrogénocarbonate)	HCO ₃ ⁻	61	61	12.2
Chlorure	Cl ⁻	35.5	35.5	7.1
Hydroxyde	OH ⁻	17	17	3.4

Annexe 2

Les substances minérales dissoutes

❖ Le fer

• Définition

Fer, élément métallique blanc argenté, de symbole Fe et de numéro atomique 26. Le fer appartient au groupe VIII (colonne 8) des éléments de transition et est situé dans la quatrième période du tableau périodique.

En abondance, le fer est le quatrième élément dans l'écorce terrestre et le premier parmi les métaux lourds. On le trouve surtout sous forme de Fe (II) ou de Fe (III). (Rodier, 1997)

❖ La silice

• Définition

La silice est un composé chimique (dioxyde de silicium) qui entre dans la composition de nombreux minéraux de formule SiO_2 , la silice existe à l'état libre sous différentes formes cristallines ou amorphes et à l'état combiné dans les silicates, les groupes SiO_2 étant alors liés à d'autres atomes (Al, Fe, Mg, Ca, Na). (Rodier, 1997)

❖ Les orthophosphates

• Définition

Les orthophosphates représentent la forme la plus simple des phosphates (PO_4). Cette molécule existe sous des formes variées dépendant du pH de l'eau et des concentrations de sels minéraux. (Rodier, 1997)

❖ Le carbone organique total

• Définition

Le carbone organique total est la quantité de carbone lié dans un composant organique (qu'elles soient dissoutes ou en suspension). Il est souvent utilisé comme indicateur non spécifique de la qualité de l'eau.

Le carbone organique total (COT) est la différence entre le total du carbone (CT) et le carbone inorganique total (CIT). $\text{COT} = \text{CT} - \text{CIT}$.

- CT : carbone organique et inorganique dans l'eau incluant le carbone élémentaire.
- CIT : carbone inorganique contenu dans l'eau, carbone élémentaire, carbone total dioxyde. (Veto Fish, 2002)

❖ DEHA

Annexes

- **Définition**

La N, N-diéthylhydroxylamine (DEHA) permet de consommer l'oxygène dissous dans l'eau et donc évite la corrosion par le dioxygène. Elle a les mêmes propriétés que l'hydrazine qu'elle remplace, celle-ci ne pouvant plus être utilisée en raison de sa toxicité. (Wikipédia, 2018)

Annexes

Annexe 3

Préparation des solutions pour le laboratoire des eaux :

- Hydroxyde de sodium NaOH à 1N : 40.8g de NaOH à 98% dans 1L d'eau distillée.
- Hydroxyde de sodium NaOH à 0.1 N : 4.08 g de NaOH à 98% dans 1L d'eau distillée.
- Acide sulfurique H_2SO_4 à 1N : 2707ml de H_2SO_4 à 96%.
- Acide sulfurique (H_2SO_4) à 0.02 N : 0.5548 ml de H_2SO_4 à 96 %.
- EDTA ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$) à 0.02N : 3.7224g EDTA dans 1L d'eau distillée.
- Métabisulfite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) anhydre à 1N : 158.11g dans 1L d'eau distillée.
- Métabisulfite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) $5\text{H}_2\text{O}$ à 1N : 248.2 g dans 1L d'eau distillée.
- Nitrate d'argent (AgNO_3) 1N : 169g dans 1L d'eau distillée.
- Nitrate d'argent (AgNO_3) à 0.04 N : 6.828 g dans 1 L d'eau distillée.
- Méthyle orange : 1g dans 100ml d'eau distillée.
- Phénolphaléine : 1g dans 100ml d'alcool.
- Noir ériochrome : 0.4g dans 100ml d'alcool.
- Chromate de potassium (K_2CrO_4) : 10g dans 100ml d'eau distillée.
- Tampon ammoniacale : 54g NH_4Cl et 350ml NH_4OH dans 1L d'eau distillée.

Annexes

Annexe 4

1. Chaufferie :

Tableau IV.1 : Valeurs de pH à la chaufferie.

pH				
Normes Semaines	Sites de prélèvements			
	B.A (LOOS)	CH1	CH2	CH3
	>8.5	10.5 - 12		
S1	9.52	11.28	11.69	11.47
S2	9.31	11.43	11.76	11.45
S3	9.34	11.21	11.87	11.51
S4	9.04	11.40	11.74	11.43
S5	9.40	11.52	11.80	11.44
S6	9.34	11.49	11.72	11.45
S7	9.40	11.47	11.71	11.33
S8	9.38	11.51	11.64	11.45
S9	9.26	10.84	11.43	11.30
S10	9.41	10.80	11.05	11.07
S11	9.11	10.80	11.06	11.18
S12	9.09	11.19	11.15	11.18
S13	9.20	11.31	11.23	11.25
S14	9.19	11.21	11.16	11.25
S15	9.08	10.82	11.16	11.24
S16	8.99	11.27	11.19	11.22

Tableau IV.2 : Valeurs de la conductivité à la chaufferie.

Conductivité (µs/cm)				
Normes Semaines	Sites de prélèvements			
	B.A (LOOS)	CH1	CH2	CH3
	<200 (µs/cm)	30 – 4000µs/cm		
S1	131.03	1892.24	5536.57	3093.63
S2	129.79	1986.38	5974.17	1991.31
S3	137.02	1197.32	6747.92	2772.08

Annexes

S4	116.97	2609.76	5533.81	2470.81
S5	119.67	2960.95	5711.43	2376.43
S6	128.85	3682.38	5533.33	3353.81
S7	127.09	3312.38	5454.76	2786.14
S8	134.23	4108.81	5380.71	3706.90
S9	152.35	2374.63	5517.50	4703.33
S10	161.77	1386.36	3119.86	2859.42
S11	109.60	1051.77	1917.46	2886.67
S12	112.25	2446.19	2088.10	2653.33
S13	92.45	2400.79	1910.71	2344.54
S14	87.98	2201.43	1822.86	2235.38
S15	87.88	2315.54	1894.13	2380.83
S16	90.50	2456.67	1944.00	2278.81

Tableau IV.3 : Valeurs de la dureté total à la chaufferie.

TH (°F)				
Normes	Sites de prélèvements			
	B.A (LOOS)	CH1	CH2	CH3
Semaines	<1 °F			
S1	0.35	0.31	0.40	0.36
S2	0.31	0.31	0.40	0.29
S3	0.38	0.27	0.41	0.28
S4	0.31	0.38	0.57	0.50
S5	0.39	0.37	0.45	0.43
S6	0.32	0.80	0.49	0.86
S7	0.40	0.98	0.68	1.65
S8	0.38	0.97	0.84	1.66
S9	1.39	3.00	4.19	3.92
S10	2.30	6.44	10.00	9.23
S11	0.50	0.41	2.71	4.50
S12	0.56	0.95	0.99	3.10
S13	0.44	1.41	0.63	0.50
S14	0.44	1.55	0.46	0.74

Annexes

S15	0.38	1.43	0.68	0.95
S16	0.50	1.49	0.66	0.90

Tableau IV.4 : Valeurs de titre alcalimétrique à la chaufferie.

TA (°F)				
Normes Semaines	Sites de prélèvements			
	B.A (LOOS)	CH1	CH2	CH3
	0.5 – 4.5°F	5 – 60°F		
S1	0.42	10.31	32.34	17.61
S2	0.25	11.05	33.58	10.67
S3	0.23	4.42	35.94	11.99
S4	0.30	11.82	28.09	12.15
S5	0.41	15.59	31.38	12.28
S6	0.26	15.06	24.97	13.13
S7	0.34	16.14	27.59	13.16
S8	0.29	18.58	26.96	15.97
S9	0.38	6.98	21.06	16.28
S10	0.48	5.23	10.37	9.07
S11	0.33	4.95	8.28	11.05
S12	0.31	12.50	10.61	11.10
S13	0.43	15.39	12.34	12.41
S14	0.40	16.34	13.84	15.05
S15	0.37	16.38	14.13	16.78
S16	0.30	17.30	13.20	14.99

Tableau IV.5 : Valeurs de titre alcalimétrique complet à la chaufferie.

TAC (°F)				
Normes Semaines	Sites de prélèvements			
	B.A (LOOS)	CH1	CH2	CH3
	-	7 – 85°F		
S1	1.36	19.86	63.94	33.85
S2	1.30	23.07	69.90	21.93

Annexes

S3	1.38	9.76	73.78	25.88
S4	1.41	23.19	56.46	23.24
S5	1.47	26.81	53.15	19.29
S6	1.38	34.33	54.68	31.99
S7	1.37	36.66	58.16	29.7
S8	1.40	43.73	59.57	37.62
S9	1.70	13.15	42.28	34.23
S10	2.13	8.53	18.98	13.42
S11	1.52	7.07	12.78	14.77
S12	1.38	15.62	13.26	14.43
S13	1.40	19.84	15.13	15.68
S14	1.34	21.08	16.02	18.05
S15	1.38	22.28	17.54	21.59
S16	1.40	21.95	16.71	18.64

Tableau IV.6 : Valeurs des Chlorures à la chaufferie.

Cl⁻ (°F)				
Normes Semaines	Sites de prélèvements			
	B.A (LOOS)	CH1	CH2	CH3
	<150°F			
S1	2.90	38.16	112.43	62.58
S2	2.70	35.92	115.10	34.63
S3	2.84	25.50	132.22	53.67
S4	2.83	50.88	116.63	48.33
S5	2.99	62.91	123.30	52.85
S6	2.74	70.71	118.44	65.46
S7	2.76	67.68	109.93	54.77
S8	2.79	78.70	110.92	74.01
S9	3.82	65.17	140.73	121.28
S10	4.15	35.17	94.57	92.24
S11	3.03	26.82	47.7	74.78
S12	3.17	52.81	50.02	65.45
S13	2.73	54.69	43.56	55.48

Annexes

S14	2.55	49.20	40.32	50.95
S15	2.51	51.18	41.99	54.45
S16	2.38	53.52	44.01	52.19

Tableau IV.7 : Valeurs de Silice à la chaufferie.

Silice (ppm)				
Normes Semaines	Sites de prélèvements			
	B.A (LOOS)	CH1	CH2	CH3
	<4ppm	<150ppm		
S1	0.16	0.68	1.23	0.87
S2	0.18	1.70	1.90	1.60
S3	0.19	1.50	2.50	1.80
S4	0.19	1.30	2.10	1.60
S5	0.13	0.47	0.93	0.29
S6	0.19	0.61	1.01	0.39
S7	0.19	0.82	1.34	0.71
S8	0.06	0.71	0.82	0.67
S9	0.05	0.62	0.74	0.62
S10	0.05	0.62	0.74	0.62
S11	0.05	0.62	0.74	0.62
S12	0.30	1.65	1.40	0.58
S13	0.28	2.20	2.10	1.45
S14	0.06	0.73	0.79	0.59
S15	0.15	2.40	1.50	2.20
S16	0.14	3.10	2.60	2.40

Tableau IV.8 : Valeurs de Fer à la chaufferie.

Fer Total (ppm)				
Normes Semaines	Sites de prélèvements			
	B.A (LOOS)	CH1	CH2	CH3
	<0.3ppm	<150		
S1	0.00	0.00	0.00	0.00

Annexes

S2	0.00	0.00	0.00	0.00
S3	0.00	0.01	0.00	0.01
S4	0.01	0.00	0.00	0.00
S5	0.00	0.01	0.01	0.00
S6	0.00	0.02	0.00	0.03
S7	0.00	0.01	0.00	0.02
S8	0.03	0.01	0.00	0.02
S9	0.04	0.01	0.02	0.00
S10	0.04	0.01	0.02	0.00
S11	0.02	0.00	0.00	0.00
S12	0.00	0.00	0.10	0.01
S13	0.01	0.02	0.01	0.01
S14	0.01	0.02	0.01	0.01
S15	0.00	0.00	0.00	0.00
S16	0.00	0.06	0.01	0.26

Tableau IV.9 : Valeurs des Phosphates à la chaufferie.

PO₄²⁻ (ppm)				
Normes Semaines	Sites de prélèvements			
	B.A (LOOS)	CH1	CH2	CH3
	-	10 – 30 ppm		
S1	0.54	7.79	27.80	12.58
S2	0.56	8.43	23.20	11.40
S3	0.65	1.60	26.23	5.44
S4	0.66	5.89	24.50	6.33
S5	0.60	4.38	13.30	3.89
S6	0.17	8.12	11.23	7.58
S7	0.52	7.43	12.24	7.13
S8	0.00	7.45	10.87	6.65
S9	0.06	3.40	6.30	4.88
S10	0.18	0.68	0.18	0.84
S11	0.83	0.66	4.88	0.17
S12	0.76	3.38	5.57	10.54

Annexes

S13	0.40	6.43	3.50	5.40
S14	0.42	5.75	2.10	3.50
S15	0.37	8.69	4.60	4.32
S16	0.47	3.29	1.46	9.26

Tableau IV.10 : Valeurs des Sulfites à la chaufferie.

Na₂SO₃ (ppm)				
Semaines	Normes	Sites de prélèvements		
	B.A (LOOS)	CH1	CH2	CH3
	-	10 – 20 ppm		
S1	0.70	26.00	32.00	26.40
S2	0.70	27.00	31.00	24.00
S3	0.50	18.20	24.60	25.20
S4	0.60	20.00	24.40	26.80
S5	2.10	17.10	18.50	22.90
S6	2.70	17.70	19.40	13.50
S7	1.00	110.00	104.00	101.00
S8	0.30	205.00	2.80	202.00
S9	0.34	22.40	29.40	25.10
S10	0.07	20.57	12.50	9.40
S11	0.30	9.50	17.40	6.00
S12	1.08	19.00	20.00	11.40
S13	0.30	14.60	10.80	8.50
S14	0.40	15.10	6.60	14.00
S15	0.50	14.20	8.80	10.20
S16	0.40	15.40	10.00	5.70

Annexes

2.Cogénération :

Tableau IV.11 : Valeurs de pH à la cogénération.

pH			
Normes Semaines	Sites de prélèvements		
	B.A (STEIN)	B1	B2
	9.5-11		
S1	7.88	9.41	10.00
S2	7.43	8.46	9.44
S3	7.81	8.94	9.68
S4	7.73	8.34	9.07
S5	7.79	9.23	9.31
S6	7.89	9.09	9.98
S7	7.85	8.73	10.03
S8	7.91	8.76	9.55
S9	7.94	9.51	10.09
S10	7.86	9.66	9.82
S11	7.67	9.29	9.48
S12	6.89	9.23	9.82
S13	6.80	9.05	10.06
S14	7.22	9.01	9.55
S15	7.65	8.50	8.35
S16	7.51	8.62	8.32

Tableau IV.12 : Valeurs de la conductivité à la cogénération.

Conductivité (µs/cm)			
Normes Semaines	Sites de prélèvements		
	B.A (STEIN)	B1	B2
	<50µs/cm		
S1	2.44	24.26	43.34
S2	1.44	2.78	9.51
S3	1.90	6.66	22.38
S4	1.95	3.11	6.90
S5	2.09	12.24	18.64

Annexes

S6	3.08	9.65	47.82
S7	3.10	6.07	63.50
S8	2.81	6.72	34.04
S9	9.72	102.82	183.74
S10	2.56	41.88	57.32
S11	1.52	17.26	30.27
S12	1.84	19.06	64.18
S13	1.67	12.84	119.65
S14	2.21	13.24	64.11
S15	2.16	6.18	9.56
S16	2.54	9.44	19.24

Tableau IV.13 : Valeurs de la Dureté total à la cogénération.

TH (°F)				
Semaines	Normes	Sites de prélèvements		
		B.A (STEIN)	B1	B2
		-		
S1		0.00	0.00	0.00
S2		0.00	0.00	0.00
S3		0.00	0.00	0.00
S4		0.00	0.00	0.00
S5		0.00	0.00	0.00
S6		0.00	0.00	0.00
S7		0.00	0.00	0.00
S8		0.00	0.00	0.00
S9		0.08	0.80	0.71
S10		0.00	0.33	0.49
S11		0.00	0.00	0.00
S12		0.00	0.00	0.00
S13		0.00	0.00	0.00
S14		0.00	0.00	0.00
S15		0.00	0.00	0.00
S16		0.00	0.00	0.05

Annexes

Tableau IV.14 : Valeurs de titre alcalimétrique à la cogénération.

TA (°F)				
Semaines	Normes	Sites de prélèvements		
	B.A (STEIN)	B1	B2	
	-			
S1	0.01	0.38	0.59	
S2	0.00	0.06	0.20	
S3	0.01	0.12	0.35	
S4	0.00	0.03	0.28	
S5	0.00	0.21	0.38	
S6	0.01	0.18	0.78	
S7	0.00	0.09	0.85	
S8	0.02	0.10	0.48	
S9	0.02	1.30	2.08	
S10	0.00	0.62	0.88	
S11	0.00	0.29	0.43	
S12	0.00	0.33	0.85	
S13	0.00	0.23	1.83	
S14	0.00	0.17	1.08	
S15	0.01	0.06	0.06	
S16	0.00	0.15	0.13	

Tableau IV.15 : Valeurs de titre alcalimétrique à la cogénération.

TAC (°F)				
Semaines	Normes	Sites de prélèvements		
	B.A (STEIN)	B1	B2	
	0-3°F			
S1	0.29	0.91	1.37	
S2	0.25	0.28	0.51	
S3	0.27	0.42	0.86	
S4	0.29	0.30	0.40	
S5	0.30	0.52	0.72	

Annexes

S6	0.30	0.54	1.30
S7	0.29	0.38	1.81
S8	0.27	0.35	0.99
S9	0.38	1.98	3.04
S10	0.28	1.16	1.41
S11	0.28	0.66	0.96
S12	0.26	0.70	1.67
S13	0.25	0.56	3.00
S14	0.28	0.44	1.77
S15	0.28	0.34	0.45
S16	0.27	0.44	0.60

Tableau IV.16 : Valeurs des Chlorures à la cogénération.

Cl⁻ (°F)				
Semaines	Normes	Sites de prélèvements		
		B.A (STEIN)	B1	B2
		-		
S1	0.45	0.60	0.69	
S2	0.41	0.45	0.54	
S3	0.41	0.51	0.52	
S4	0.41	0.47	0.50	
S5	0.44	0.52	0.59	
S6	0.46	0.52	0.87	
S7	0.44	0.50	0.83	
S8	0.46	0.51	0.71	
S9	0.52	2.94	3.50	
S10	0.46	0.88	0.95	
S11	0.44	0.60	0.72	
S12	0.41	0.59	0.90	
S13	0.43	0.60	1.10	
S14	0.44	0.54	0.71	
S15	0.44	0.50	0.57	
S16	0.43	0.51	0.72	

Annexes

Tableau IV.17 : Valeurs des Phosphates à la cogénération.

PO₄³⁻ (ppm)				
Semaines	Normes	Sites de prélèvements		
	B.A (STEIN)	B1	B2	
	<3 ppm			
S1	0.13	0.12	0.21	
S2	0.12	0.14	0.20	
S3	0.14	0.21	0.51	
S4	0.12	0.24	0.43	
S5	0.09	0.52	0.38	
S6	0.07	0.19	0.38	
S7	0.00	0.18	0.38	
S8	0.03	0.04	0.13	
S9	0.00	0.18	0.35	
S10	0.05	0.08	0.14	
S11	0.05	0.12	0.41	
S12	1.05	0.80	0.86	
S13	0.10	0.10	0.80	
S14	0.12	0.14	2.10	
S15	0.23	0.24	0.42	
S16	0.06	0.08	0.12	

Tableau IV.18 : Valeurs de Diéthylhydroxylamine à la cogénération.

DEHA (ppm)				
Semaines	Normes	Sites de prélèvements		
	B.A (STEIN)	B1	B2	
	0.05 – 1 ppm			
S1	0.00	0.00	0.00	
S2	0.00	0.00	0.00	
S3	0.00	0.00	0.00	
S4	0.00	0.00	0.00	
S5	0.00	0.05	0.05	

Annexes

S6	0.03	0.06	0.04
S7	0.04	0.05	0.01
S8	0.02	0.00	0.05
S9	0.03	0.04	0.06
S10	0.06	0.07	0.08
S11	0.09	0.07	0.08
S12	0.06	0.04	0.09
S13	0.00	0.00	0.00
S14	0.01	0.02	0.03
S15	0.00	0.00	0.00
S16	0.01	0.02	0.01

Tableau IV.19 : Valeurs de Carbone Organique Total à la cogénération.

TOC (ppm)				
Semaines	Normes	Sites de prélèvements		
		B.A (STEIN)	B1	B2
		<2°F		
S1	0.00	2.00	2.00	
S2	8.00	13.00	10.00	
S3	7.00	11.00	9.00	
S4	5.00	9.00	8.00	
S5	0.00	0.00	0.00	
S6	2.00	3.00	9.00	
S7	1.00	2.00	1.00	
S8	0.00	0.00	0.00	
S9	0.00	2.00	2.00	
S10	8.00	13.00	10.00	
S11	7.00	11.00	9.00	
S12	5.00	9.00	8.00	
S13	7.00	8.00	9.00	
S14	7.00	6.00	14.00	
S15	1.00	2.00	3.00	
S16	1.00	2.00	2.00	

Annexes

3. Condensat de la chaufferie :

Tableau IV.20 : Valeurs des différents paramètres de condensat à la chaufferie.

Condensat T980								
Paramètres	pH	Cond ($\mu\text{s/cm}$)	TH ($^{\circ}\text{F}$)	TA ($^{\circ}\text{F}$)	TAC ($^{\circ}\text{F}$)	Cl⁻ ($^{\circ}\text{F}$)	TDS (ppm)	Trace en sucre (ppm)
Normes Semaines	5.5-7.5	<100 $\mu\text{s/cm}$	<1 $^{\circ}\text{F}$	0 $^{\circ}\text{F}$	<1.5 $^{\circ}\text{F}$	<3 $^{\circ}\text{F}$	<50 ppm	0 ppm
S1	5.87	8.95	0.07	0.00	0.35	0.65	3.83	0.00
S2	5.59	6.58	0.03	0.00	0.32	0.58	3.34	0.00
S3	6.07	6.55	0.00	0.00	0.29	0.45	1.55	0.00
S4	5.99	4.28	0.00	0.00	0.30	0.48	2.00	0.00
S5	6.10	4.45	0.00	0.00	0.33	0.51	2.07	0.00
S6	6.01	3.94	0.01	0.00	0.23	0.47	1.84	0.00
S7	5.98	2.83	0.00	0.00	0.30	0.50	3.00	0.00
S8	5.99	3.72	0.00	0.00	0.00	0.30	1.42	0.00
S9	6.31	10.21	0.05	0.00	0.39	0.70	4.79	0.00
S10	6.05	5.50	0.03	0.00	0.33	0.50	2.57	0.00
S11	5.96	4.99	0.02	0.00	0.34	0.50	2.33	0.00
S12	5.75	3.86	0.01	0.00	0.30	0.48	1.80	0.00
S13	5.94	5.70	0.02	0.00	0.33	0.48	2.68	0.00
S14	5.86	7.94	0.06	0.00	0.38	0.65	3.70	0.00
S15	5.53	4.46	0.00	0.00	0.30	0.51	2.09	0.00
S16	5.61	3.54	0.00	0.00	0.28	0.50	1.64	0.00

4. Condensat de la cogénération :

Tableau IV.21 : Valeurs des différents paramètres de condensat à la cogénération.

Condensat BW3								
Paramètres	pH	Cond ($\mu\text{s/cm}$)	TH ($^{\circ}\text{F}$)	TA ($^{\circ}\text{F}$)	TAC ($^{\circ}\text{F}$)	Cl⁻ ($^{\circ}\text{F}$)	TDS (ppm)	Trace en sucre (ppm)

Annexes

Normes Semaines	5.5-7.5	<100 µs/cm	<1 °F	0 °F	<1.5 °F	<3 °F	<50 ppm	0 ppm
S1	6.51	95.85	0.63	0.00	0.97	3.60	42.70	0.00
S2	6.91	46.46	0.31	0.00	0.67	1.91	21.80	0.00
S3	6.92	51.09	0.36	0.00	0.77	2.04	23.97	0.00
S4	6.47	56.58	0.38	0.00	0.72	2.16	26.46	0.00
S5	6.54	57.82	0.39	0.00	0.76	2.26	27.01	0.00
S6	6.64	55.67	0.39	0.00	0.79	2.08	25.80	0.00
S7	6.71	61.00	0.49	0.00	0.78	2.30	28.58	0.00
S8	6.93	56.96	0.43	0.00	0.78	2.18	26.70	0.00
S9	6.79	90.96	1.28	0.00	1.24	3.08	42.67	0.00
S10	6.64	96.45	1.59	0.00	1.31	3.02	45.48	0.00
S11	6.40	58.16	0.47	0.00	0.85	2.28	27.26	0.00
S12	6.26	57.30	0.47	0.00	0.80	2.19	26.87	0.00
S13	6.27	43.26	0.45	0.00	0.73	1.80	20.27	0.00
S14	6.20	41.50	0.34	0.00	0.67	1.73	19.59	0.00
S15	6.16	39.38	0.30	0.00	0.63	1.72	18.45	0.00
S16	6.06	42.94	0.32	0.00	0.63	1.64	18.45	0.00

Résumé

Le travail a porté sur l'étude du contrôle de la qualité de l'eau d'alimentation des chaudières industrielles au sein du complexe agroalimentaire CEVITAL.

Les différents paramètres physico-chimiques étudiés ont permis de constater que l'eau d'alimentation des deux type de chaudière au sein de l'entreprise pour la plus part des cas respectent la normalisation exigé par le fournisseur ce qui est très satisfaisant, et ceci est due au maintien permanant des installations et injection de différent produit chimique pour éviter tout type de dégât engendré par les eaux d'une part, et au système de prétraitement appliqué d'une autre part.

Mots clés

Paramètres physico-chimiques, chaudières, eau d'alimentation, traitement, condensats, analyse.

Abstract

The work focused on the study of the control of the quality of feed water for industrial boilers within the CEVITAL agro-food complex.

The various physicochemical parameters studied have shown that the feed water of both types of boiler within the company for most cases comply with the standardization required by the supplier which is very satisfactory, and this is due to the permanent maintenance of the facilities and injection of different chemicals to prevent any kind of damage caused by water on the one hand, and the pretreatment system applied on the other hand.

Key words

Physicochemical parameters, Treatment, boilers, feed water, condensates, analysis.